

10 Jahre geothermische Exploration im süddeutschen Molassebecken – Ein Fazit

Bereits seit etlichen Jahrzehnten wird das hydrothermale Potenzial des Alpenvorlands genutzt. Ausgerechnet die Suche nach fossilen Bodenschätzen, also nach Erdöl- und Erdgaslagerstätten, verhalf der Geothermie im süddeutschen Molassebecken zur Bekanntheit. Bereits 1938 wurde beispielsweise in Bad Füssing Thermalwasser entdeckt. Was zunächst wie ein Misserfolg aussah, entpuppte sich recht schnell als Segen für die Region. Über Jahrzehnte hinweg beschränkte sich die Erschließung und Nutzung des Thermalwassers im Alpenvorland dann im Wesentlichen auf balneologische Projekte. Zahlreiche bekannte Bäderstandorte im bayerischen und auch im schwäbischen Teil des Molassebeckens sind Zeugen dieser Entwicklung. Jedoch wurden auch bereits damals erste Überlegungen zu einer intensiven energetischen Nutzung dieses geothermischen Potenzials angestellt. Erst seit rund zehn Jahren wird die geothermische Exploration im Molassebecken mit der Ausrichtung auf eine großenergetische Nutzung für Fernwärmesysteme sowie zur Stromerzeugung nun mit Nachdruck verfolgt und auch konsequent umgesetzt.

Das erste, vorrangig auf energetische Nutzung hin ausgerichtete Tiefengeothermieprojekt, entstand zu Beginn der 1990er Jahre am nordöstlichen Rand des Molassebeckens in Straubing (einhergehend mit vergleichsweise geringen Bohrtiefen). Die Folgeprojekte zu Beginn des vergangenen Jahrzehnts entstanden

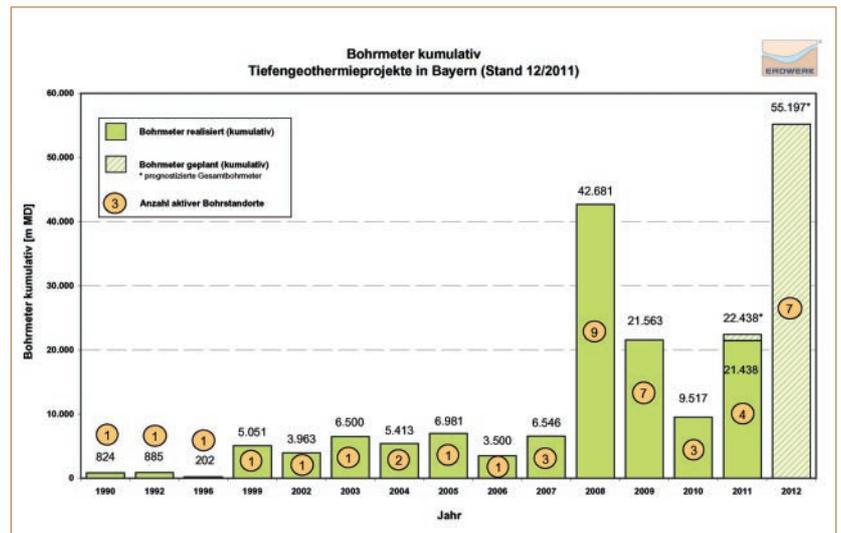


Abb. 1: Entwicklung der Bohraktivitäten zur Erschließung hydrothormaler Geothermie im bayerischen Teil des Molassebeckens. Zeitraum 1990 bis 2011 (Stand 01.12.2011) ■

dann im zentralen Teil des Molassebeckens. Zeitgleich wurden einige Projekte auch in Oberösterreich realisiert (z.B. Altheim; erste Stromerzeugung in der Molasse) und ebenso das grenzüberschreitende Projekt Simbach-Braunau. Die Errichtung der neuen Projekte im Molassebeckenzentrum machte sich in einem deutlichen Anstieg der Gesamtbohrmeter bemerkbar, obwohl die absolute Projektanzahl in Bayern nach wie vor sehr gering war (z.B. Unterschleißheim, München-Riem).

Im Jahr 2004 erschien dann der Bayerische Geothermieatlas, der umfassend die Möglichkeiten der Nutzung des tiefengeothermischen Potenzials in Bayern einem breitem Publikum sowie den lokalen politischen Entscheidungsträgern aufzeigte. Die Anträge und die Vergabe von Geothermiekonzessionsfeldern erlebte in Folge dessen einen Höhe-

punkt und so manches Erlaubnisfeld wechselte bis heute mehrmals den Eigentümer. Aktuell existieren über 80 Erdwärme-Konzessionsfelder im Süden Bayerns, darunter 12 Bewilligungsfelder (ohne Balneologie). Ebenfalls 2004 starteten die beiden Projekte Pullach und Unterhaching. Die Gemeinde Pullach i. Isartal konnte bereits im Jahr 2005 die geothermische Fernwärmeversorgung in Betrieb nehmen. In Unterhaching dauerten die Bohrarbeiten noch bis ins Jahr 2007 an. Unterhaching war dabei gleichzeitig das erste auf Verstromung hin ausgerichtete Geothermieprojekt im süddeutschen Molassebecken und konnte als Pilotprojekt entsprechend auf finanzielle sowie wissenschaftliche staatliche Unterstützung zurückgreifen.

Ende 2007 / Anfang 2008 waren dann zahlreiche Projekte soweit ausführungsfähig geplant und deren Finanzierung gesichert, dass sie in

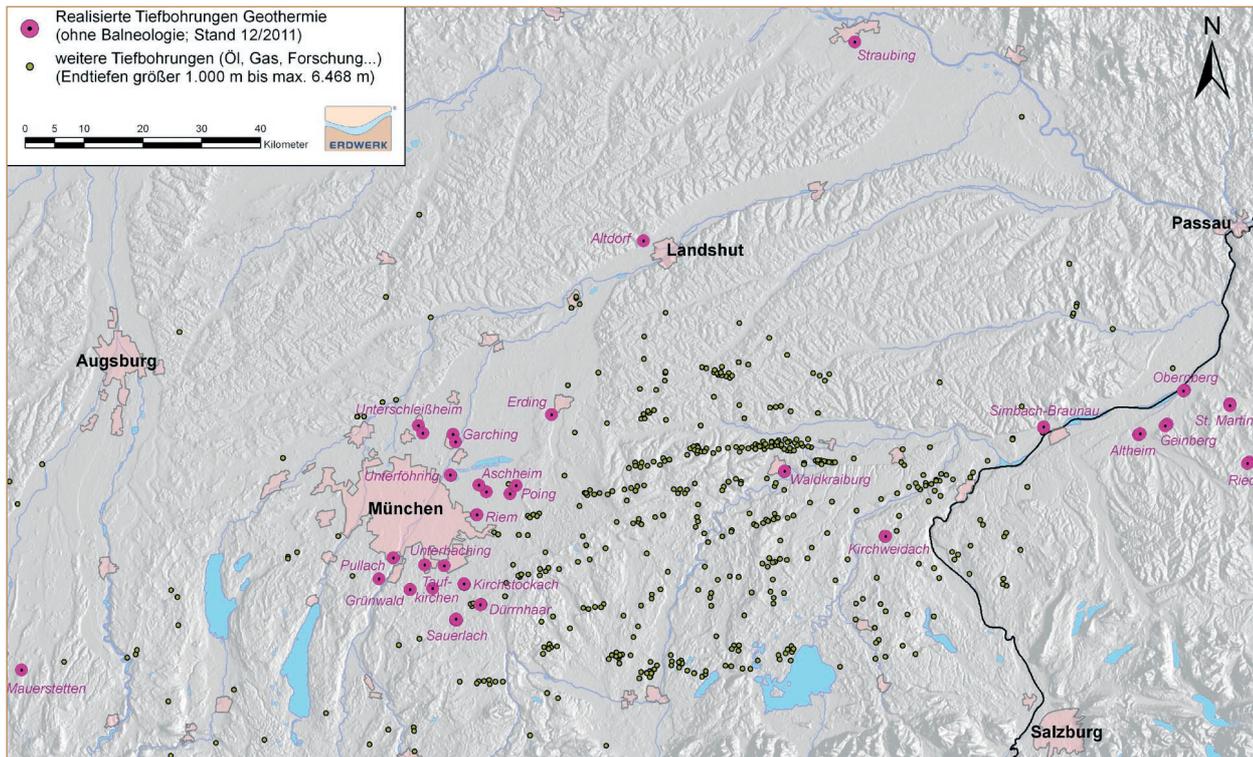


Abb. 2: Übersicht der realisierten Tiefengeothermiebohrungen im Süden Bayerns (Stand: 01.12.2011) ■

die Realisierungsphase übertreten konnten. Die Anzahl der aktiven Bohrstandorte stieg im Jahr 2008 auf insgesamt neun an. Die beiden Jahre 2008 und 2009 können rückblickend als Boom-Jahre der bayerischen Tiefengeothermie bezeichnet werden (Abb. 1). Dann, im Folgejahr, ging die Bohrtätigkeit markant zurück. Die Gründe dafür waren vielfältig: Zum einen nahmen bei einigen Stromprojekten nun zunächst die Kraftwerksplanung und -finanzierung den Schwerpunkt der Aktivitäten ein. Zunächst wollte man Betriebserfahrungen mit den Anlagen sammeln, bevor man neue Projekte anging. Zum andern führten für einige Projekte auch die Folgen der (ersten) Finanzkrise zu zeitlichen Verzögerungen oder sogar zum Aussetzen jeglicher Aktivitäten. Und last but not least waren einige Projektentwickler und -betreiber auch noch mit der finanziellen und mentalen Aufarbeitung der aufgetretenen geologischen und bohrtechnischen Probleme ihrer Projekte beschäftigt. Aber auch dieses „Tal“ im Jahr 2010 lag in Bezug auf die Gesamtbohrmeter und der aktiven Standorte noch über denen der Vor-

Boom-Zeit. Gleichzeitig begann mit den beiden Bohrprojekten Waldkraiburg und Kirchweidach die geothermische Erschließung des südöstlichen Molassebeckens.

Derzeit zeichnet sich wieder ein deutlicher Trend nach oben ab. Die Gesamtbohrmeter im Jahr 2011 bewegten sich bereits in derselben Größenordnung wie im Jahr 2009. Zahlreiche große, tiefengeothermische Bohrprojekte mit dem Fokus auf Verstromung sind mittlerweile „drill-ready“ entwickelt und werden im Jahr 2012 in die Bohrphase übertreten. Zudem werden laufende Bohrprojekte noch fortgeführt und auch das ein oder andere Fernwärmeprojekt, entweder als eigenständiges neues Projekt (z.B. Ismaning) oder auch im Rahmen von Projekterweiterungen (z.B. Unterföhring) wird in absehbarer Zeit realisiert werden.

Als einer der Hauptgründe für den aktuellen starken Trend nach oben muss sicher auch die Atomkatastrophe von Japan und die damit einhergehende politische Weichenstellung in Bezug auf die nationale Energiepolitik inkl. Anpassung des EEGs für geothermisch erzeugten Strom

gesehen werden. Zudem erhöhte die mediale Wahrnehmung politischer Instabilitäten in einigen arabischen Staaten auch hierzulande den öffentlichen und politischen Druck, die Nutzung regenerativer, heimischer und dezentraler Energie voranzutreiben.

Auch gegen die geothermische Nutzung im Molassebecken tut sich jedoch mancherorts öffentlicher Widerstand kund. Die Kritikpunkte richten sich im Kern meist gegen konkret ausgewiesene Standorte. Zudem wird im Zuge dessen auf die potenziellen Risiken der Geothermie im Allgemeinen verwiesen. Häufig werden dabei auf die Probleme in Staufen und Basel als Argumentationsstützen herangezogen, obwohl immer wieder betont wird, dass die geologischen Bedingungen dort nicht vergleichbar zu denen im Molassebecken sind. Dem Misstrauen kann nur durch Transparenz und offenem Dialog entgegengetreten werden, erfordert im Gegenzug aber auch eine prinzipielle Dialogbereitschaft der Geothermie-Kritiker. Neben einigen Bürgerinitiativen gegen die Geothermie gibt es mittlerweile erfreulicherweise auch



Abb. 3: Reservoir-Analogiestudien in einem Malm-Aufschluss auf der Frankenalb ■

Initiativen pro Geothermie aus der Bürgerschaft. Interessant ist dabei die regional sehr unterschiedliche Wahrnehmung und Gewichtung von Risiken contra Chancen der Geothermie. Eine Tatsache, mit der aber auch alle anderen Formen der regenerativen, dezentralen Energiegewinnung zu kämpfen haben, nicht nur die Geothermie. Bislang wurden seit 1990 rund 135.000 Bohrmeter in der Tiefengeothermie in Bayern abgeteuft. Ca. die Hälfte davon wurde von der Erdwerk GmbH geplant und dann geologisch sowie bohrtechnisch in der Ausführung betreut. Zudem war Erdwerk in zahlreichen weiteren Projekten beratend oder in der Evaluierung abgeschlossener Projekte involviert. Der aus der eigenen Projekterfahrung gesammelte Zuwachs an Know-how kann nun dazu genutzt werden, die Umsetzung der Tiefengeothermieprojekte im Molassebecken in eine positive Richtung zu führen (Stichwort: lessons learnt). Als Beispiel konnte im Rahmen der Projekterweiterung Pullach 2011 die Bohrung Th3 um rund 1 Mio. € unter den ursprünglich prognostizierten Bohrkosten erfolgreich realisiert werden.

Die Erweiterung des Know-hows betrifft sowohl das Verständnis

des Reservoirs, als auch die Meisterung bohrtechnischer Herausforderungen:

Reservoircharakterisierung & Explorationsstrategie

Um die Erkenntnisse für das geothermische Reservoir im Molassebecken zu erweitern, wurden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Forschungsprojekte initiiert, an denen auch Erdwerk maßgeblich beteiligt war und ist.

Während eine zeitlang die Malm-Exploration fast ausschließlich auf Störungen ausgerichtet war, belegen die ausgewerteten Daten, dass vielmehr die Fazies (also die aus dem ehemaligen Ablagerungsmilieu der Malmkalke heraus resultierenden Gesteinseigenschaften) das entscheidende Kriterium für die Fündigkeit darstellt. Mit der faziellen Ausbildung sind hierbei nicht nur überregionale Trends zu sehen, sondern das Augenmerk bei der Exploration muss sich verstärkt auf kleinräumige Faziesdifferenzierungen richten.

Zusammenfassend lassen sich folgende Punkte in Bezug auf das Reservoir und die Fündigkeit aus den bisher gewonnenen Beobachtungen herleiten:

- Störungen sind für die Anbindung des Grundwasserleiters an die Bohrung wichtig (vor allem für den Produktivitätsindex).
 - Störungen spielen, abgesehen von der Bohrungsanbindung, für die regionale Hydraulik eine untergeordnete Rolle.
 - Die Fündigkeit ist unabhängig vom Versatzbetrag der erbohrten Störung(en).
 - Die Fündigkeit ist abhängig von der Fazies und der Diagenese. Dolomitisierte Massen(kalk)fazies ist tendenziell hydraulisch günstig, Kalke in Schichtfazies dagegen hydraulisch ungünstig zu bewerten.
 - Die Faziesverteilung (Schicht- vs. Massenfazies / Becken- vs. Riffstrukturen) ist entscheidend für die Nachhaltigkeit des Reservoirs.
 - Hydraulische Berandungen sind u.a. auf eine differenzierte Fazies zurückzuführen.
 - In den Geothermiebohrungen lässt sich gem. Pumpversuchsauswertung ein überwiegend radiales Fließen beobachten. Im großen Maßstab entspricht die Malmhydraulik der eines Porengrundwasserleiters.
- Für die derzeit zu favorisierende Explorationsstrategie bedeutet dies, dass der Malm in mächtiger Massenfazies entlang einer möglichst langen Bohrstrecke erschlossen werden sollte. Idealerweise verläuft der Bohrfad, bei einem markanten vertikalen Störungsversatz, von der Hochscholle in die Tiefscholle hinein. Im Malm selbst lassen sich hohe inklinale Ablenkwinkel und damit lange potenzielle Bohrstrecken in der Regel verhältnismäßig gut realisieren.
- Verkarstungspotenzial und damit günstige hydraulische Bedingungen bestehen beispielsweise bereits direkt im obersten Malm, wenn die Massenfazies bis zum Top Malm hinaufreicht. Aber auch innerhalb des Malm lassen sich deutliche Sequenzgrenzen und potenzielle Verkarstungshorizonte ausmachen. Daneben spielen auch andere Über-

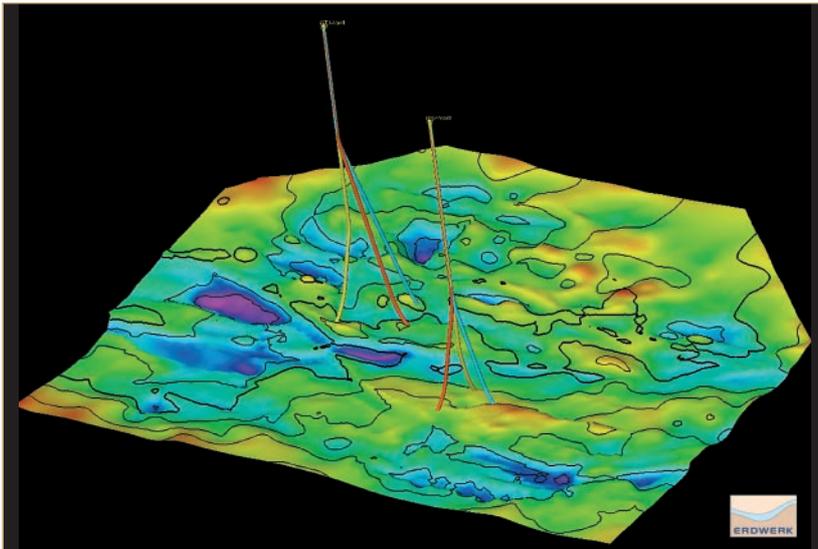


Abb. 4: Reservoirmodell (Mächtigkeitkarte der Massenfazies) und Erschließungsvarianten für ein Geothermieprojekt im Molassebecken ■

legungen zum optimierten Reservoiraufschluss eine Rolle (diagenetische Prozesse wie z.B. Dolomitisierung, Störungsinventar, Störungsorientierung). Jede neue Bohrung trägt dazu bei, das Verständnis über das Reservoir zu erweitern und ggf. auch so manche Modellvorstellung zu revidieren. Durch die neu durchgeführten Seismikmessungen lässt sich mittlerweile eine differenzierte Reservoirbetrachtung bereits vor Abteufen der Bohrungen durchführen und somit das Fündigkeitsrisiko deutlich weiter eindämmen. Die erste neu erstellte kommerzielle Seismik für ein Geothermieprojekt im Molassebecken wurde im Jahr 2006 im Vorfeld des Fernwärmeprojekts in Unterföhring durchgeführt. Mittlerweile ist die Messung neuer, standortangepasster (3D-) Seismik, insbesondere für die großen Verstromungsprojekte, zum Standard geworden. Zur Reservoirerkundung, -erschließung und späteren -bewirtschaftung orientieren sich die Arbeitsschritte der hydrothermalen Geothermie im Molassebecken nun vermehrt an den standardisierten Vorgehensweisen der Kohlenwasserstoffexploration (Stichwort: Seismic-to-Production Workflow). Im Rahmen eines vom BMU geförderten FuE-Vorhabens konnte dieser Workflow von Erdwerk erfolgreich an die Erforder-

nisse der geothermischen Exploration adaptiert werden. ■

Bohrtechnik

Der Erkenntniszuwachs im Bereich Bohrtechnik betrifft insbesondere den Bohrabschnitt im tieferen Tertiär. Durch einen möglichst einfachen Bohrfad in Verbindung mit automatisierten Richtbohrverfahren (RSS) lässt sich das Risiko geologisch-bohrtechnischer Probleme weiter vermindern. Beispielsweise brachten die Rupel-Bändermergel in den Regionen südlich von München häufig massive bohrtechnische Probleme mit sich und sollten daher möglichst schnell durch den Einbau der Verrohrung gesichert werden. Je länger das Bohrloch z.B. aufgrund zeitintensiver Richtbohrmaßnahmen offen stand, desto größer war in der Vergangenheit die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Problemen mit dieser Formation. So mancher Sidetrack und Casing-Schaden verdankt dieser Problemzone seine Existenz inkl. einhergehender Explosion der Bohrkosten.

Maßhaltige und gleichmäßige Bohrlochverläufe reduzieren zudem potenzielle Probleme beim Casing-Einbau und der Zementation. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, dass der Einsatz von RSS-Systemen neben der Zeitersparnis beim Bohren auch zahlreiche weitere potenzi-

elle Risiken minimiert und sein Einsatz insbesondere bei den sehr anspruchsvollen Bohrprojekten somit, trotz der deutlich höheren Kosten, gerechtfertigt ist. Auch negative Auswirkungen der thermischen Belastung während des Fördertests auf das Casing (Kollaps) sind aus einigen Projekten mit hohen Fördertemperaturen bekannt. Diesem Risiko kann mittels technischer Maßnahmen begegnet werden (z.B. höhere Casing-Güte, Casing-Einbau unter Zug, gute Zementation). Im Gegensatz zum Purbeck besitzt der Malm in der Regel sehr bohrlochstabile Eigenschaften. Auch hier kann durch fundierte geologische Begleitung das bohrtechnische Risiko eingedämmt werden. Dies betrifft vor allem die Festlegung der Casing-Absetzteufe im Bereich Purbeck / Top Malm, die immer eine Gradwanderung darstellt. Zu hoch abgesetzt birgt die Gefahr von Bohrlochinstabilitäten im Purbeck. Zu tief abgesetzt geht evtl. mit totalen Spülungsverlusten an Top Malm einher, was bei der Casing-Zementation der abgeteuften Bohrsektion starke Probleme bereiten kann und zunächst eine Verlustbekämpfung erfordert. ■

Fazit/Ausblick:

Die teils euphorische Pionierzeit der geothermischen Erschließung des süddeutschen Molassebeckens mündete für den einen oder anderen Projektbetreiber zunächst in Katerstimmung. Nichtsdestotrotz hat diese Zeit wesentliche Erkenntniszuwächse mit sich gebracht, die unter dem Motto „lessons learnt“ für viele neue Projekte bereits zu einer deutlichen Performancesteigerung führte. Neben dem besseren Verständnis des Reservoirs gibt es nun auch Projektbeispiele, in denen die Bohrkosten deutlich unter den ursprünglich prognostizierten Kosten lagen.

Der Großteil der bisherigen Erschließungen zur energetischen Nutzung erfolgte im zentralen Teil des Molassebeckens und dabei vor



Abb. 5: Projekterweiterung Pullach. Bohranlage (Hekla Rig 002) während der Bohrabreiten zur Erweiterungsbohrung PullachTh3 im Frühjahr 2011 (Luftbild: Hekla Energy GmbH) ■

allein in der Münchner Region. Der Südwesten des Molassebeckens wird momentan aufgrund unklarer hydraulischer Bedingungen gemieden. Die einzige bislang im Südwesten Bayerns abgeteufte Geothermiebohrung (Mauerstetten) lieferte leider nicht die erhofften Schüttungsergebnisse. Neue Ansätze zur Explorationsstrategie lassen aber auch für diesen Teil des Molassebeckens ein nutzbares tiefergeothermisches Potenzial erkennen. Auch im zentralen und östlichen Bereich des Molassebeckens ist der Malm nicht homogen aufgebaut, was sich darin zeigt, dass unmittelbar benachbarte Bohrungen ein und desselben Standorts z.T. extrem unterschiedliche Schüttungsraten aufwiesen. Dies verdeutlicht, dass nur eine vertiefte Kenntnis der Geologie, basierend auf entsprechenden Erkundungsmaßnahmen (z.B. 3D-Seismik), den Schlüssel für eine erfolgreiche Erschließung liefern kann. Zudem ist aktuell zu beobachten, dass die

bereits erfolgreich erschlossenen Gebiete zukünftig wohl noch intensiver geothermisch genutzt werden. Das gilt sowohl im Hinblick auf die Positionierung neuer Projektstandorte, als auch im Hinblick auf die Erweiterung bestehender Projekte. Für eine solche Projektverdichtung ist ein begleitendes Reservoirmanagement auf Grundlage verlässlicher geologischer Modelle und hydraulischer Simulationen unerlässlich.

Auch wenn derzeit noch einige Regionen im süddeutschen Molassebecken als weiße Flecken auf der geothermischen Landkarte erscheinen und auch zukünftige Fehlschläge nicht auszuschließen sind, so stellt die geothermische Exploration Südbayerns während der vergangenen zehn Jahre dennoch eine Erfolgsstory für die Tiefengeothermie dar. Das bislang aus den Projekten gewonnene Know-how ist nicht nur für die Standorte im Molassebecken, sondern für die Entwicklung vergleichbarer Projek-

te in ähnlich gearteten geothermischen Reservoirtypen weltweit von Interesse. Bleibt zu hoffen, dass in Deutschland, abgesehen vom Molassebecken, auch in den beiden anderen Geogunstregionen für Tiefengeothermie (Rheintalgraben und Norddeutsches Becken) eine vergleichbare erfolgreiche Projektentwicklung stattfindet, auch wenn die geologischen Rahmenbedingungen dort mitunter etwas komplexer sind. ■

Autor:



Dipl.-Geol.
Dr. Klaus Dorsch

Erdwerk GmbH
hydrogeologie geothermie

Bonner Platz 1
80803 München
Tel.: +49 (0)89 – 961 600 3 00
E-Mail: office@erdwerk.com
www.erdwerk.com