

# Bayerisches Molassebecken - Erfolgsregion der Tiefengeothermie in Mitteleuropa

TEXT: Dr. Klaus Dorsch, Dr. Christian Pletl



**Dr. Klaus Dorsch**

(Dipl.-Geol.)

Seit 2005 bei der Erdwerk GmbH.

Mitverfasser des

Bayerischen Geothermie-atlas (2004).

Geothermische Exploration im Süden Chiles (2001-2003).

**Kontakt:**

office@erdwerk.com

www.erdwerk.com



**Dr. Christian Pletl**

Seit 2004 bei den Stadtwerken München.

Seit 2006 Mitglied im

Vorstand der Sektion

Tiefe Geothermie und im erweiterten Präsidium des

GtV-Bundesverband

Geothermie.

**Kontakt:**

christian.pletl@geothermie.de

www.swm.de

Die Nutzung der hydrothermalen Energie im bayerischen Alpenvorland reicht bis weit ins vergangene Jahrhundert zurück. Bei der Suche nach Erdöl und Erdgas wurden beispielsweise 1938 in Bad Füssing große Thermalwasservorkommen im Oberjura (Malm) entdeckt. Zunächst beschränkte sich die Nutzung des Thermalwassers in Bayern jedoch auf die zahlreichen Thermen-Standorte.

Aufgrund der stetig steigenden Energiekosten, eines gesellschaftlichen Wandels und den daraus resultierenden veränderten Randbedingungen in der Energiepolitik rückte in den vergangenen Jahren auch die rein auf eine energetische Nutzung hin ausgerichtete Exploration des Malm-Thermalwassers in den Vordergrund. Durch diese Dynamik, gepaart mit den günstigen geologischen Rahmenbedingungen, wurde das Bayerische Molassebecken zur Erfolgsregion der Tiefengeothermie in Mitteleuropa.

## Exploration und Erschließung

Abbildung 1 zeigt in einer Übersicht die Intensität der tiefengeothermischen Explorations-tätigkeiten im Bayerischen Molassebecken seit 1990 in Bezug auf die abgeteuften Bohrmeter inkl. einer Prognose für das Jahr 2012.

Zu Beginn bis Mitte der 1990er Jahre wurde der Malm-Tiefengrundwasserleiter zunächst im Nordosten des Molassebeckens (Straubing) erstmals explizit für energetische Zwecke exploriert. Etwa ab der Jahrtausendwende wurden dann weitere einzelne Fernwärmeprojekte realisiert: Simbach-Braunau [D/A-grenzüberschreitend], Unterschleißheim sowie das erste Geothermieprojekt der Stadtwerke München in München-Riem. Gleichzeitig wurden auch in Oberösterreich einige Bohrungen erfolgreich abgeteuft (beispielweise auch das grenznahe Projekt in Altheim mit dem ersten, kleineren ORC-Kraftwerk im Molassebecken).

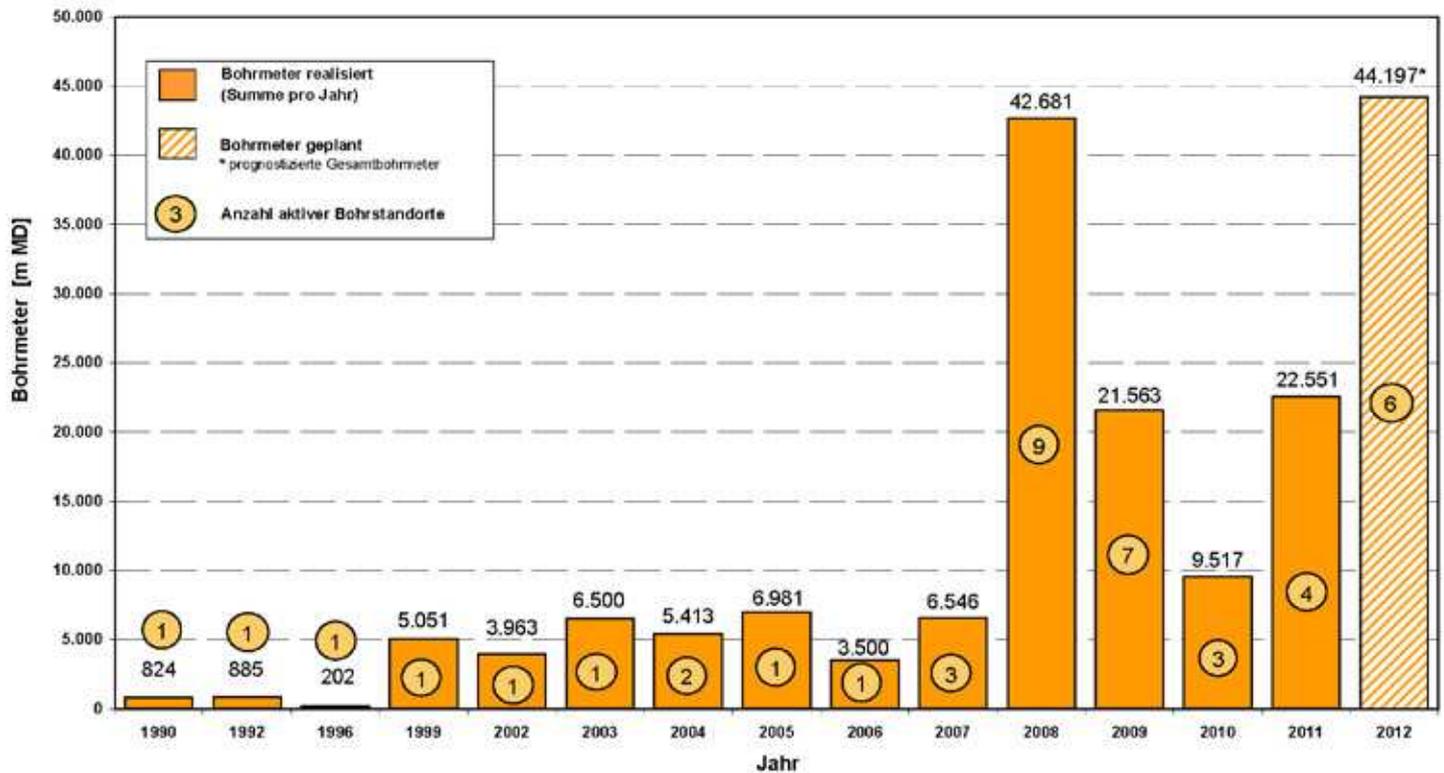
Nach dem Erscheinen des Bayerischen Geothermieatlas, der deutlichen Anhebung der Vergütung für Strom aus Geothermie-Anlagen im Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) im Jahr 2004 sowie der Einführung des Marktanzreizprogramms mit seinen zinsvergünstigten Darlehen und Investitionszuschüssen für geothermische Wärmeprojekte 2007 erlebte die Antragsstellung und Vergabe von Geothermiekonzessionsfeldern einen Höhepunkt. Derzeit existieren ca. 80 Erdwärmekonzessionsfelder im Süden Bayerns, darunter 12 Bewilligungsfelder (ohne Balneologie).

In den Folgejahren intensivierten sich dann die Bohraktivitäten massiv. Die Anzahl der aktiven Bohrstandorte stieg im Jahr 2008 auf insgesamt neun an. Neben einigen Fernwärmeprojekten (Unterföhring, Aschheim-Feldkirchen-Kirchheim, Garching, Poing, Reinjektionsbohrung in Erding) wurden auch die Tiefbohrungen der Stromprojekte Dürrnhaar, Kirchstockach, Mauerstetten sowie des Projekts der Stadtwerke München in Sauerlach abgeteuft. Die drei Bohrungen von Sauerlach stellen mit einer maximalen Endteufe von 5.567 m MD (4.480 m TVD) dabei derzeit immer noch die tiefsten hydrothermalen Erschließungen in Europa dar.

Im weiteren zeitlichen Verlauf ging die Bohrtätigkeit dann wieder zurück. Zunächst trat bei den Projektbetreibern die Kraftwerksplanung in den Vordergrund. Aus den bis dato gesammelten Erfahrungen und auch Rückschlägen, speziell bei den großen Verstromungsprojekten, konnten zahlreiche Schlüsse zur Verbesserung der Bohrperformance sowie bzgl. der Anlagentechnik gewonnen werden. Spätestens nach dieser ersten Boom-Phase wurde offensichtlich, dass es kein Geothermieprojekt »von der Stange« gibt. Jedes Projekt ist mit eigenen geologischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen konfrontiert und hat sehr individuelle Anforderungen zu meistern. Auch die Finanzkrise führte bei einigen Projekten zu zeitlichen Verzögerungen oder zum Projektausstieg der Investoren.



### Entwicklung der Gesamtbohrmeter bei Tiefengeothermieprojekten in Bayern (Stand: Anfang 2012)



Die Novellierung des EEG im Jahr 2011 mit einer Erhöhung der Vergütungssätze für geothermisch erzeugten Strom führte zu einer massiven Belebung der fast zum Erliegen gekommenen Entwicklung. Die Projekte in Taufkirchen, Kirchweidach und Traunreut kamen damit in die Realisierungsphase. Der Trend der Bohraktivitäten zeigt aktuell wieder deutlich nach oben. Die Gesamtbohrmeter im Jahr 2011 bewegten sich mit ca. 22,5 km bereits wieder leicht über denen des Jahres 2009. Da zahlreiche - unter anderem auch sehr tiefe - Bohrprojekte im Jahr 2012 in die Bohrphase übertreten, ist nochmals mit einem deutlichen Zuwachs der Gesamtbohrmeter zu rechnen.

Bislang wurden seit 1990 insgesamt rund 140 Bohrkilometer im Rahmen von Tiefengeothermieprojekten in Bayern abgeteuft, der überwältigende Anteil dieser Bohrstrecke wurde seit 2008 niedergebracht.

Das aus der Projekterfahrung gesammelte Know-how kann nun genutzt werden, um die Umsetzung der Tiefengeothermieprojekte im Molassebecken bzgl. der erzielbaren Schüttungsraten und der notwendigen Bohrkosten und somit der Wirtschaftlichkeit weiter zu optimieren. Erste Erfolge sind bereits sichtbar.

Um die Erkenntnisse über die geothermischen Bedingungen im Molassebecken zu erweitern, wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Forschungsprojekte initiiert, deren Ergebnisse nun vorliegen.

Während eine Zeitlang fast ausschließlich die Strukturgeologie im Fokus der Exploration stand, ermöglichen neu aufgenommene seismische Daten eine Einschätzung der kleinräumig differenzierten faziellen Eigenschaften des Reservoirs auch bereits vor Bohrbeginn. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Projekte ist dies von entscheidender Bedeutung, da die hydraulischen und geologischen Evaluierungen abgeteufter Bohrungen den Zusammenhang zwischen erbohrter Malm-Fazies und den potenziell erschließbaren Schüttungsraten in aller Deutlichkeit aufgezeigt haben. Demnach gelten, wie bereits in älterer Literatur beschrieben, Massen- und Riffkalke als hydraulisch günstig. Bankkalke und Schichtfazies sollten im Gegensatz dazu bei der Exploration strikt gemieden werden. Daneben spielen aber auch andere Überlegungen zum optimierten Reservoiraufschluss eine Rolle: diagenetische Prozesse, wie z.B. Dolomitisierung, Störungsinventar oder Störungsorientierung. Nun, da für den Großraum München eine erfolgversprechende Explorationsstrategie existiert, gilt es in künftigen Forschungsarbeiten, eine solche auch für die östlichen und westlichen Bereiche des Molassebeckens zu entwickeln.

Bei der Reservoirerkundung, -erschließung und späteren -bewirtschaftung orientieren sich die Arbeitsschritte der hydrothermalen Erschließung im Molassebecken mittlerweile vermehrt an den standardisierten Vorgehensweisen der Kohlenwasserstoffexploration. Im Gegensatz zu

Abb. 1: Entwicklung der geothermischen Tiefbohraktivitäten im Bayerischen Molassebecken.

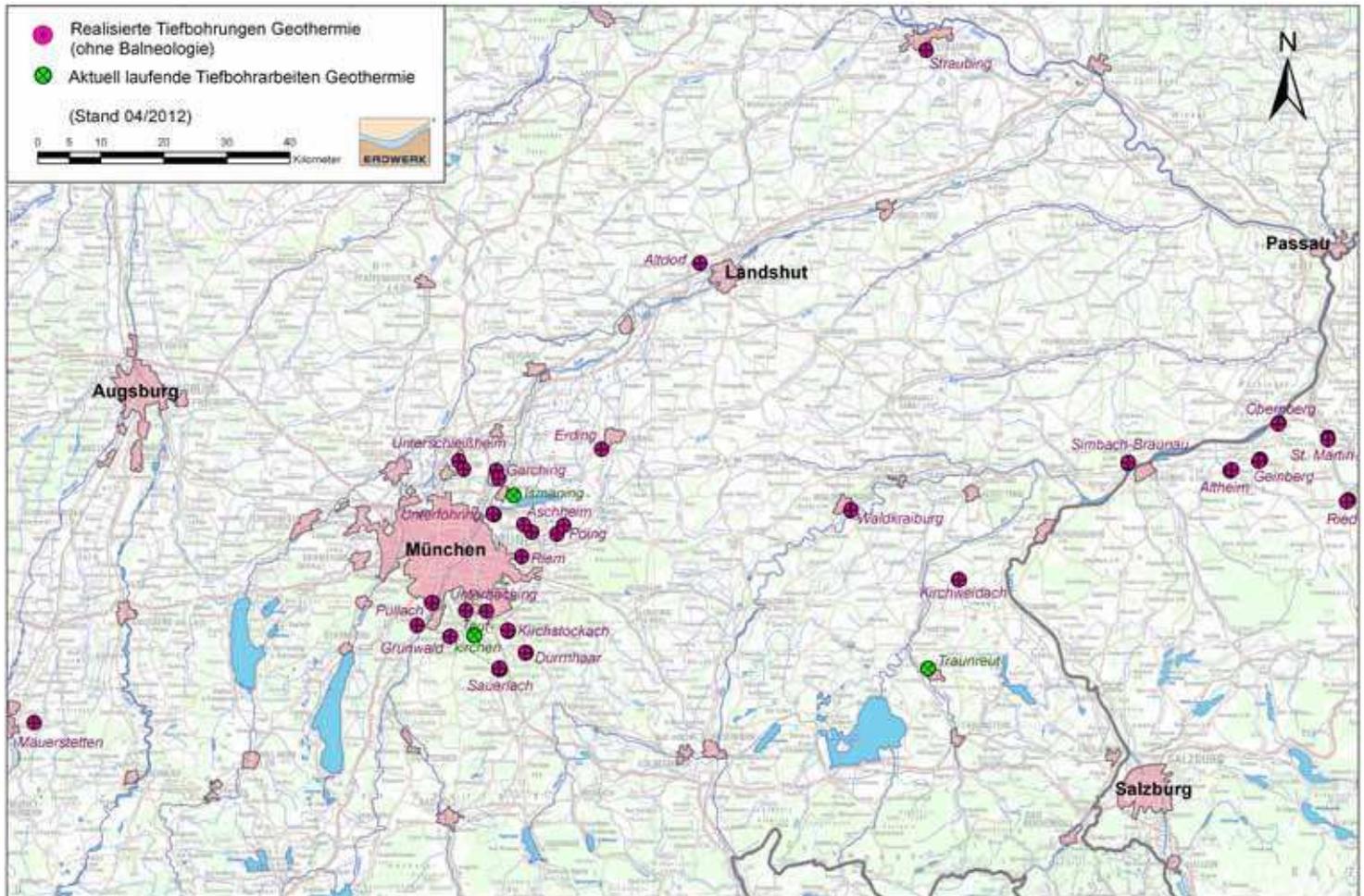


Abb. 2: Übersichtskarte Bohrstandorte der Tiefengeothermie in Bayern und Oberösterreich.

den ersten tiefengeothermischen Erschließungen ist die Durchführung neuer Seismik inzwischen zum Standard geworden. Bei den neuen Stromprojekten wird zudem fast ausschließlich auf neue 3D-Seismik als Planungsgrundlage zurückgegriffen. Mittlerweile existieren bereits zehn 3D-Seismiksurveys für Geothermiestandorte im bayerischen Voralpenland und zahlreiche weitere neue Seismiksurveys stehen kurz vor der Durchführung. Neben der Phase der Vorerkundung betrifft die Optimierung der Vorgehensweise aber auch die Bohrplanung inkl. bohrtechnischer Aspekte (z.B. stark abgelenkte bis horizontal geneigte Bohrungen im Reservoir, Multilateralschließung sowie Einsatz automatisierter Richtbohrverfahren), die detaillierte Erfassung der Reservoireigenschaften durch entsprechende Bohrlochmessungen (z.B. Image-Logs, Bohrlochseismik), eine grundlegende Evaluierung der Daten aus abgeteufte Bohrungen (Stichwort: Reservoircharakterisierung) und letztendlich eine langfristig angelegte Reservoirbewirtschaftung auf Grundlage fundierter hydraulisch-numerischer Modelle.

Die bisherigen Erschließungen zur energetischen Nutzung erfolgten vorwiegend im zentralen Teil des Molassebeckens und dabei vor allem im Münchener Umland. Auch innerhalb der Stadt München wurden bereits neue seismische Un-

tersuchungen durchgeführt, so dass auch dort in den kommenden Jahren mit der Aufnahme der Erschließungstätigkeiten zu rechnen ist. Aktuell rücken zudem vermehrt der südöstliche Teil (Traunreut, Kirchweidach, Waldkraiburg, etc.) und auch der südlichste Teil des Bayerischen Molassebeckens in den Fokus der Erschließungsaktivitäten. Im Südwesten sind die Aufsuchungsarbeiten dagegen aktuell auf »Standby«. Die in Mauerstetten abgeteufte Bohrung lieferte leider nicht die erhofften Schüttungsergebnisse. Neue Ansätze zur Explorationsstrategie ermöglichen aber vielleicht auch dort die Nutzung des tiefengeothermischen Potenzials.

### Nutzungskonzepte und energiewirtschaftliche Bedeutung

Die Nutzung der geothermischen Ressource des Bayerischen Molassebeckens umfasst die ganze Palette der verfügbaren Technologien. Waren die ersten Projekte noch durch niedrige Bohrtiefen und damit niedrige Thermalwassertemperaturen bestimmt, was den Einsatz von Wärmepumpen zur Nutzung für die Fernwärmeversorgung erforderlich machte, wurden in der letzten Dekade Projekte realisiert, in denen die geförderte Thermalwassertemperatur direkt zur Fernwärmeerzeugung genutzt werden konnte. Im Projekt Unterhaching wurde erstmals eine Thermalwassertemperatur deutlich

über 100°C erreicht, womit auch die Option der Stromerzeugung in wirtschaftliche Reichweite gelangte. Heute verfügt Bayern über die größte Vielfalt an binären Stromerzeugungsanlagen aus Geothermie: In Unterhaching ist eine Kalina-Anlage installiert; Simbach betreibt eine Forschungsanlage mit einem einfachen ORC-Kreislauf; in Sauerlach, Dürrenhaar und Kirchstockach werden zweistufige ORC-Anlagen gebaut und für den Standort Kirchweidach ist eine überkritische ORC-Anlage mit einem Zweistoff-Gemisch beauftragt. Fast alle Geothermiekraftwerke verfügen über eine Wärmeauskopplung, wobei auch hier wieder unterschiedliche Konzepte realisiert werden, von paralleler über gestuft parallele bis hin zu serieller Verschaltung der Wärmetauscher zur Stromerzeugung.

Aktuell sind in Bayern zwölf Anlagen zur Nutzung der Geothermie für Fernwärmeerzeugung bzw. Stromproduktion in Betrieb. Die ältesten Geothermieheizwerke (Erding / Straubing) laufen bereits seit 1998 bzw. 1999. Kumuliert verfügen alle Anlagen schon über 76 Betriebsjahre. Die Angabe thermischer Leistungen ist für gewöhnlich anspruchsvoll, da sie von der Rücklauftemperatur der Wärmenutzung und der Thermalwassermenge abhängt, die sowohl tagszeitlich als auch saisonal und über Jahre hinweg variieren können. In Summe verfügt Bayern aktuell (Stand 03 /2012) über eine installierte geothermische Wärmeleistung von ca. 130 MW sowie ca. 3 MW elektrische Leistung.

Nach einer aktuellen Erhebung haben die aufgeführten Anlagen im Jahr 2011 in Summe ca. 350 GWh Wärme erzeugt, damit wurden im

Vergleich zu konventionellen Erdgasheizungen ca. 90.000 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart. Mit dieser Wärme könnte man ca. 25.000 Dreipersonenhaushalte, d.h. fast eine 75.000-Einwohner-Stadt, komplett versorgen.

Allein in die bestehenden Projekte wurden ca. 450 Mio. € investiert und die Projekte generieren einen jährlichen Umsatz von über 30 Mio. €. Durch den Einsatz der Geothermie wird der bayerische Gasbezug aus dem Ausland rechnerisch um ca. 9 Mio. € pro Jahr reduziert.

Die Tiefengeothermie ist somit in den vergangenen 10 Jahren nicht nur zu einem wichtigen Bestandteil der bayerischen Energiepolitik, sondern auch zu einem Wirtschaftsfaktor herangewachsen.

»Die Dynamik vor allem der letzten Jahre setzt sich aktuell ungemindert fort.«

Die genannten Projekte werden in den nächsten Jahren durch weiteren Netzausbau sowie Anlagen- und Betriebsoptimierungen ihren Absatz und die geothermische Wärmeproduktion signifikant (>20%) erhöhen können.

Dazu werden in den kommenden Jahren zahlreiche weitere Anlagen realisiert werden. Von fünf Projekten sind die Bohrungen bereits fertiggestellt und die Anlagen werden spätestens 2013 in Betrieb gehen. Bei fünf weiteren Projekten sind die Bohrungen bereits in Gang bzw. die Bohrplätze oder die Heizwerke bereits



Abb.3: Geothermie-Anlage München-Riem: 300 GWh Geothermische Wärmeproduktion seit 2004.

gebaut. Durch diese zehn neuen Anlagen wird sich die installierte Wärmeleistung ca. verdoppeln; die Stromproduktion wird sich mehr als verzehnfachen und damit in der CO<sub>2</sub>-Einsparung einen ebenso großen Beitrag leisten wie die Wärmeproduktion. Weitere Anlagen sind bereits sehr weit in der Planung und zum Teil schon mit Gemeinderatsbeschlüssen unterlegt, hinzu kommen geplante Erweiterungsbohrungen bestehender Projekte. Auch in den weniger tiefen, nördlicher gelegenen Regionen des Molassebeckens wird eine Nutzung des thermischen Potenzials in Abhängigkeit von den Nutzungsmöglichkeiten und unter Einsatz z.B. zusätzlicher Wärmepumpentechnologie nun wieder vermehrt in Betracht gezogen. Darüber hinaus existieren Überlegungen zur Nutzung des Malms als saisonalen Hochtemperaturwärmespeicher.

Das Gesamtpotenzial der geothermischen Nutzung aus dem Malm wird im Bayerischen Energie Konzept »Bayern Innovativ« mit 1.800 MW für die Wärme und mit 300 MW für Strom angegeben. Theoretisch könne, gemäß dem

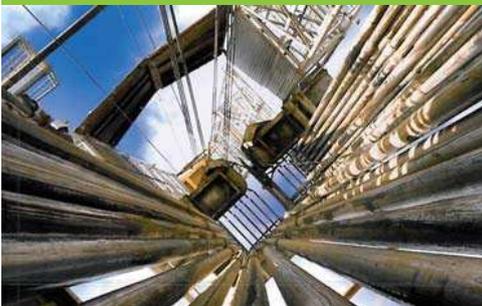
Bayerischen Wirtschaftsministerium, mit dem Wärmepotenzial der Großraum München komplett mit Wärme versorgt werden.

Der Ausbau wird neben der Erschließung neuer Gebiete zunehmend auch über die Erweiterung bestehender Projekte (siehe z.B. Erweiterung Pullach 2011) und die Nachverdichtung im Bereich bestehender Projekte erfolgen.

Dabei werden sich eine Reihe spezifischer Fragen und Herausforderungen stellen. Erforderlich erscheint eine verstärkte finanzielle Förderung v.a. für Wärmeverteilung im ländlichen Raum. Grundsätzlich ist die kontinuierliche Realisierung weiterer Projekte erforderlich, um die Lernkurve fortzusetzen und möglichst zu versteilen sowie im nächsten Schritt die Weiterentwicklung der Geothermie von der hydrothermalen Nutzung zu fortgeschrittenen Systemen (EGS). Damit würde sich das Potenzial zur Nutzung der Geothermie in Bayern auf fast die gesamte Fläche des Freistaates ausweiten und die Höhe der erreichbaren Leistungen könnte sich vervielfachen. ♦

**ITECO**   
geothermal supply

Der Stahlrohr-Spezialist für  
Tiefen-Geothermie, Wasser, Öl und Gas



Steig- und Futterrohre, Leitungsrohre und Bohrgestänge.  
Schnelle Lieferung aus weltweiten eigenen Lagerstätten.  
Abwicklung aller Zollformatitäten

Für weitere Informationen

**Iteco Oilfield Supply Group**

Tel: +49 2102 99 697 - 0

Fax: +49 2102 99 697 10

Email: [Germany@iteco-supply.com](mailto:Germany@iteco-supply.com)

Website: [www.iteco-supply.com](http://www.iteco-supply.com)