



Tiefengeothermie im Alpenvorland

*Fördertest einer Geothermiebohrung südlich von München
im Sommer 2008. Quelle: Erdwerk GmbH*

Die Nutzung tiefengeothermischer Energie ist auch in Deutschland möglich. Grundlage der Tiefengeothermie ist, dass mit zunehmender Tiefe auch die Temperatur ansteigt. Innerhalb der oberen Erdkruste steigt die Temperatur im Durchschnitt alle 100 m um 3°C an, in einigen Regionen auch um deutlich mehr. In entsprechend großen Tiefen wird man demnach auf hohe Temperaturen treffen können. Die Wärme stammt aus natürlichen Zerfallsprozessen, beispielsweise radioaktiver Kaliumisotope, sowie aus der im Erdinneren gespeicherten Gravitationsenergie der Erdentstehungsphase. Die Erdkruste wirkt wie eine Art Isolationsschicht, daher sind die thermischen Gradienten in der Erdkruste im Vergleich zum Erdmantel und zum Erdkern verhältnismäßig hoch. Entscheidend ist nun, wie man die in der Tiefe vorhandene Wärme an der Erdoberfläche nutzbar machen kann. Befindet sich beispielsweise in einer Tiefe von ca. 1 bis 6 km eine permeable Gesteinsschicht, so lässt

sich das in den Gesteinsporen oder -klüften vorhandene Fluid samt Wärmeinhalt nach oben fördern (in Deutschland meist Thermalwasser, im Bereich von Hochenergiefeldern, z.B. nahe aktiver Vulkane, auch Dampf). Die sogenannte hydrothermale Nutzung wird bereits an vielen Standorten in Deutschland betrieben (Norddeutsches Becken, Oberrheingraben, Alpenvorland (Molassebecken)).

Weitere Nutzungsformen der Tiefengeothermie sind beispielsweise das Hot Dry Rock Verfahren sowie Ein-Bohrloch-Lösungen bzw. Tiefe-Erdwärmesonden, auf die in diesem Artikel nicht weiter eingegangen wird.

Die hydrothermale Geothermie spielt in Deutschland momentan die Hauptrolle bei der Nutzung der Tiefengeothermie. Dies zeigt exemplarisch die aktuelle Situation im Alpenvorland Süddeutschlands (Boomregion der Tiefengeothermie). Aktuell sind in Bayern über 90 bergrechtliche Erlaubnisfelder zur Aufsuchung hydrothormaler Tiefengeothermie ausgewie-

sen. Für neun Felder wurde bereits eine bergrechtliche Bewilligung erteilt, d.h., dass dort die Tiefengeothermie bereits genutzt wird. An acht Standorten wird aktuell gebohrt.

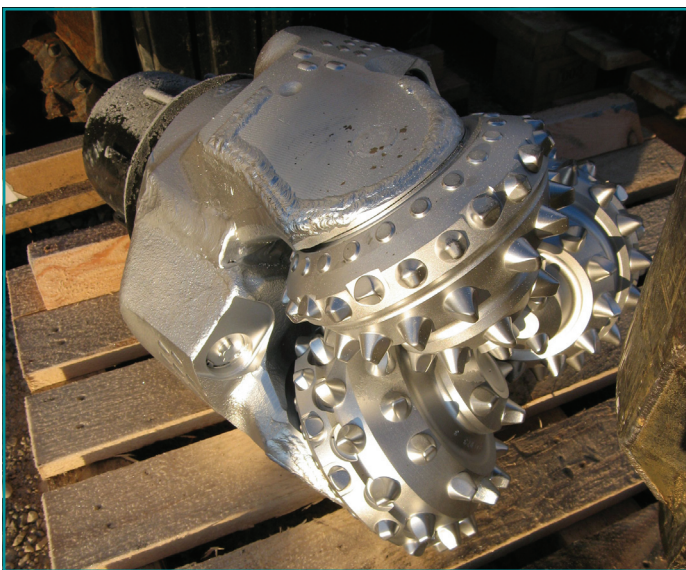
Geologisch gesehen gehört das Alpenvorland zum nordalpinen Molassebecken. Der Bereich zwischen Donau und dem Alpenrand senkte sich seit ca. 38 Mio. Jahren nach und nach ab, während gleichzeitig der Abtragungsschutt der Alpen darin abgelagert wurde. Die stärkste Absenkung des Beckens erfolgt am Alpennordrand, daher erreichen die Beckensedimente dort eine Gesamtmächtigkeit von über 5.000 m und werden nach Norden hin immer geringmächtiger.

Der geologische Horizont, aus dem sich im Alpenvorland große Mengen Thermalwasser fördern lassen, befindet sich an der Basis dieses Beckens. Es handelt sich um Kalksteine aus dem Zeitalter des Oberen Jura (Malm), die vor ca. 150 Mio. Jahren zur Ablagerung kamen. Diese etwa 500

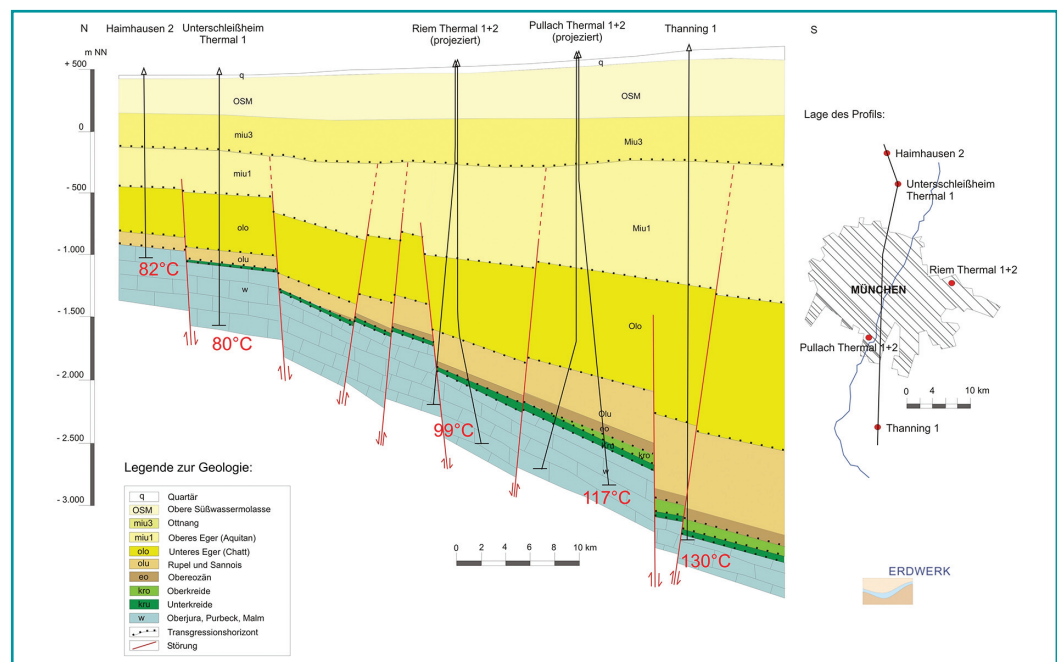
m mächtige Kalksteinschicht ist deshalb so stark thermalwasserführend, weil das Gestein einerseits im Bereich von tektonischen Störungen stark zerrüttet auftritt und diese Zerrüttungszonen entsprechend hoch permeabel sind, zum anderen die Kalksteine zusätzlich einer Verkarstung unterliegen können (Lösung des Kalksteins durch CO₂). Da die Kalksteinschicht nach Süden hin immer tiefer von den überlagernden Sedimenten nach unten „gebogen“ wird, stehen dort auch die höchsten Thermalwassertemperaturen zur Verfügung. Nördlich von München ist mit ca. 80°C zu rechnen, weiter im Süden erreichen die Temperaturen deutlich über 130°C. Das Wasser in dem Tiefengrundwasserleiter steht unter Druck. Beim Anbohren steigt das Wasser im Bohrloch aus mehreren Kilometern Tiefe bis auf ca. 100–200 m unterhalb der Erdoberfläche an. Um den Druckwasserspiegel zu erhalten, ist das Errichten einer geothermischen Dublette vorgeschrieben, d.h., dass das Wasser nach der thermischen Nut-

Entscheidende Parameter für die Wirtschaftlichkeit eines hydrothermalen Geothermiekprojektes sind die maximal erreichbaren Fördertemperaturen sowie die erzielbaren Fördermengen.

Neben der Nutzung für die Fernwärmeversorgung und als Thermalwasser in Schwimmbädern, kommt auch die Strom-



Rollenmeißel vor dem Bohreinsatz für eine Geothermiebohrung,
Quelle: Erdwerk GmbH



Geologischer Nord-Süd-Profilsschnitt im Bereich von München mit einer Auswahl von Tiefbohrungen und den angetroffenen Thermalwassertemperaturen im Malm, Quelle: Erdwerk GmbH

erzeugung in Betracht. Dies ist dann möglich, wenn die Fördertemperatur deutlich über 100°C liegt und die Fördervolumina sehr groß (>100 l/s) sind. Die Stromerzeugung erfordert eine spezielle Technik eines binären Kreislaufs (ORC- oder Kalina-Prozess), der mit hohen Umwandlungsverlusten verbunden ist. Wegen der Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz ist die Stromerzeugung bei geeigneten geol. Rahmenbedingungen aber dennoch wirtschaftlich.

Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit bei einem Fern-

Wärmeprojekt ist eine ausreichende Zahl von Wärmekunden, die möglichst langfristig gebunden werden sollten. Die Kundengewinnung wird durch das positive Image der Geothermie begünstigt. Die Erschließung der Geothermie erfordert hohe Anfangsinvestitionen für die Bohrungen, die Fördereinrichtungen, ggf. die Stromerzeugungsanlage und, soweit noch nicht vorhanden, den Aufbau eines Fernwärmenetzes. Die späteren Betriebskosten sind niedrig, weil keine Brennstoffkosten und nur geringe Unterhaltskosten anfallen. Abgesehen von den geologischen Vorgaben sind auch limitierende Faktoren an der Erdoberfläche für eine Projektrealisierung mit entscheidend (Nähe zu Abnehmern, Lage von Schutzgebieten, ggf. Kühlwasserbereitstellung).

Da jede Bohrung mehrere Millionen Euro kostet, ist es von großer Bedeutung, die geothermischen und hydrogeologischen Gegebenheiten eines geplanten Standortes vorab sorgfältig zu bewerten. In vielen Regionen sind die geologischen Verhältnisse bereits bekannt, weil im Molassebecken intensiv nach Erdöl oder Erdgas gesucht wurde. Dort wo der Erkenntnisstand noch ungenügend ist,

werden neue seismische Erkundungen des Untergrunds durchgeführt. Dadurch lässt sich das Fündigkeitsrisiko erheblich vermindern. Ideale Bohrziele stellen große tektonische Störungen im Malm-Tiefengrundwasserleiter dar, die in der Regel mit hohen Thermalwasserschüttungsmengen einher gehen.

Das geologische Risiko wird von den hydraulischen Gesteinseigenschaften, dem vor Ort tatsächlich herrschenden Temperaturniveau, sowie von den geologischen Rahmenbedingungen umrissen. Bohrtechnische Risiken sind beispielsweise das Beherrschen von Überdrücken, die in einigen geologischen Horizonten in Erscheinung treten können, die Gefahr von totalen Spülungsverlusten, z.B. im Bereich von Störungen, das Antreffen von Kohlenwasserstoffen oder das Festwerden bzw. Abreißen des Bohrgestänges. Aufgrund der in jüngster Zeit intensiv angestiegenen Aufsuchungs- und Bohraktivitäten ist damit zu rechnen, dass sich aufgrund des Erkenntniszuwachses sowohl das bohrtechnische, als auch das geologische Erschließungsrisiko in Zukunft weiter reduzieren lassen.

Dr. Klaus Dorsch