

# Tiefengeothermie als Grundlastwärmequelle in der Metropolregion München

## Zusammenfassung

Die Tiefengeothermie hat von allen erneuerbaren Energien das größte Potenzial, fossile Energieträger wie Kohle, Gas und Öl als Lieferant für Fernwärme zu substituieren. Die Vorteile sind die stete, von klimatischen Bedingungen unabhängige Verfügbarkeit der Ressource Erdwärme und der geringe Flächenbedarf. Die Nachteile sind bisher die relativ hohen Investitionskosten bei gleichzeitiger Unsicherheit in der Fündigkeit, sowie die Notwendigkeit von Modernisierung und Ausbau von Fernwärmenetzen. Das Erschließungsrisiko kann durch geothermiespezifische, standortbezogene Erkundungsmethoden minimiert werden, während die Nutzung der tiefen Erdwärme durch effiziente Anbindung an den Endnutzer und die Kopplung mit anderen Energieträgern sowie mit Wärmespeicherung optimiert werden kann. Letztlich ist die Nutzung der Tiefengeothermie als Grundlastwärmequelle aber nur dort effizient, wo auch eine hohe Dichte an Wärmekunden vorhanden ist. Ein Beispiel für die Erkundung und effiziente Nutzung geothermaler Ressourcen in urbanen Gebieten ist die Metropolregion München, wo die bislang höchste Dichte an tiefengeothermischen Projekten in Europa vorliegt.

## Überblick

Die Nutzung der natürlich vorkommenden Erdwärme ist eine der ältesten Methoden zum Beheizen von Gebäuden, wie antike Fernwärmenetze der Römer beispielsweise in Pompeji zeigen. Heutzutage versteht man unter geothermischer Nutzung den Einsatz von Erdwärmekollektoren und -sonden im oberflächennahen Bereich für den Betrieb von Einzelgebäuden, oder die hydrothermale Bohrungsdoulette, die aus Tiefen häufig unterhalb von 2 km heiße Fluide in einem Thermalwasserkreislauf zur indirekten Speisung von Fernwärmenetzen fördert. Daneben gibt es die Spezialverfahren tiefe Erdwärmesonde und petrothermale Geothermie.

In der Tiefengeothermie wird der natürliche geothermische Gradient genutzt, durch den mit zunehmender Tiefe ein Temperaturanstieg von durchschnittlich 30 K/km erfolgt. Für die Umsetzung der Wärmewende kommt insbesondere die Tiefengeo-

thermie mit der Nutzung hydrothermaler Ressourcen in Frage, da die Machbarkeit bereits unter Beweis gestellt wurde. Diese Ressourcen liegen in Deutschland im norddeutschen Becken, dem Oberrheingraben und dem süddeutschen Molassebecken vor. Beste geothermische Ressourcen liegen vor, wenn günstige geothermische Verhältnisse untertage mit einer hohen Wärmeabnehmerdichte über Tage zusammenkommen. Diese Situation trifft für die Metropolregion München zu.

## Erkundung und Erschließung geothermischer Ressourcen

Das süddeutsche Molassebecken stellt ein keilförmiges Sedimentbecken dar, in dem bisher eine etwa 150 Mio. Jahre alte Kalksteinschicht als hydrothermale Ressource im Tiefenbereich von 1500 m bis 5000 m genutzt wird (*Abbildung 1, links*). Die intensive Erkundung nach Georessourcen begann im Molassebecken zwar schon in den 1950er Jahren mit der Exploration nach Erdgas und Erdöl. Aber erst seit etwa 15 Jahren wird dieser Kalkstein, der als Malm bezeichnet wird, nun auch als hydrothermale Lagerstätte erkundet. Die Erkundung wird durch geophysikalische Messmethoden betrieben. Dabei werden besonders seismische Verfahren gewählt, die bereits für die Kohlenwasserstofferkundung erprobt wurden. Diese seismischen Messverfahren in dichtbesiedelten städtischen Gebieten durchzuführen, ist eine besondere logistische und technisch-methodische Herausforderung.

Seit 1998 findet die Wärme- und seit 2007 die Stromerzeugung aus bayerischen geothermischen Ressourcen des Malm im Molassebecken statt. Bis heute sind 279,2 MW Wärmeleistung in 19 Projekten und 34,9 MW Stromleistung in sieben Projekten in Bayern erschlossen; vier Stromkraftwerke sind bisher in Betrieb: Unterhaching, Sauerlach, Dürrnhaar und Kirchstockach (*Abbildung 1, rechts*).

Davon werden 14 Projekte von Kommunen, vier Projekte privat und ein Projekt privat-kommunal betrieben (Moeck und Zimmer, 2014). Wegweisend ist das erste interkommunale Projekt der AFK Geothermie GmbH. Hierbei teilen sich die drei Kommunen Aschheim, Feldkirchen und Kirchheim bei München

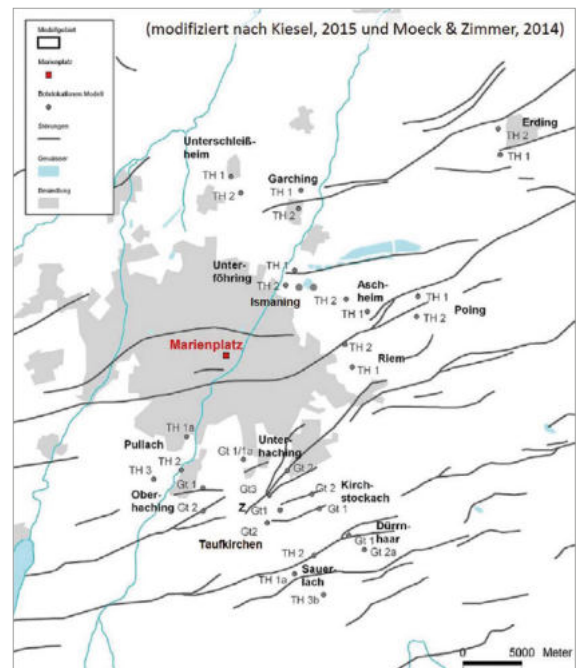
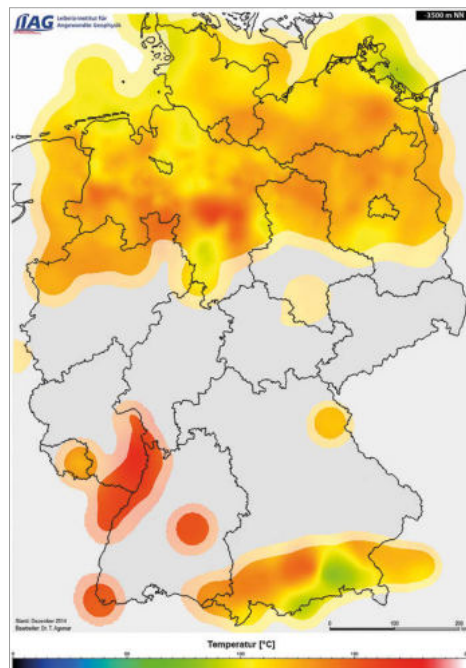


Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik  
Prof. Dr. Inga Moeck  
inga.moeck@liag-hannover.de

ZAE Bayern  
Dr. Jens M. Kuckelkorn  
jens.kuckelkorn@zae-bayern.de

Abbildung 1  
Links: **Temperaturkarte Deutschlands** für den Tiefenbereich 3500 m unter NN aus dem Geothermischen Informationssystem Deutschlands, GeotIS (Agemar et al., 2014).

Rechts: **Großraumregion München** mit geologischen Verwerfungs-zonen im hydrothermalen Aquifer der Karbonate des Malm in 2000 bis 4000 m Tiefe (modifiziert nach Kiesel, 2015 und Moeck & Zimmer, 2014).



eine Bohrungsdoulette (bestehend aus einer Förder- und einer Reinjektionsbohrung) zur Fernwärmeversorgung. Eine Vorreiterrolle nehmen die Stadtwerke München ein, die als Konzernvision die Umstellung der Wärmeversorgung auf 100% erneuerbare Energie bis 2040 genannt haben (Hecht und Pletl, 2015). Der Tiefengeothermie wird hier eine Schlüsselrolle zugeordnet, da allein aus Flächennutzungsgründen der jährliche Wärmebedarf der Münchner Fernwärme von 4 TWh nicht durch Wind, Sonne und Biomasse gedeckt werden kann (Greller, 2015).

### Referenzprojekt

Das Tiefengeothermieprojekt der AFK Geothermie GmbH versorgt die fünf Ortschaften Aschheim, Dornach, Feldkirchen, Kirchheim b. M. und Heimstetten. Nach Gründung im Jahr 2008 wurde zunächst die Förderbohrung Th1 erfolgreich abgeteuft (Endteufe 2.621 m, Fördertemperatur >85°C, Schüttungsrate >77 l/s). Im Jahr 2009 konnte die Reinjektionsbohrung erfolgreich fertiggestellt werden, ebenso die Geothermiezentrale, eine Thermalwassertrasse und das Transportnetz. Dadurch konnte die Anlage bereits im Herbst 2009 in Betrieb gehen und die ersten Kunden versorgen. Im ersten Bauabschnitt wurden insgesamt rd. 34.000 m Rohrnetzleitungen verlegt, in den ersten 4 Jahren wurden rd. 1000 Kundenverträge abgeschlossen und weitgehend an das Fernwärmenetz angeschlossen.

Die Ziele des Projektes lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- gemeinsame Gewinnung von klimaschonender und preiswerter Wärmeenergie
- regenerative Wärmeversorgung unabhängig von Tages- und Jahreszeit sowie Witterung
- keine Lärmemissionen
- geringe Freisetzung von klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen
- Minimierung fossiler Brennstoffe, niedriger Primärenergiefaktor
- komfortabel und hohe Preisstabilität
- Versorgungssicherheit, hohe Betriebssicherheit und zuverlässige Funktionalität
- beschleunigte Umsetzung der Energiewende gegenüber der Gebäudesanierung

Bei der Auslegung der Systemtemperaturen wurde das Fernwärmenetz mit Vorlauf 80°C/Rücklauf 55°C in der Grund- und Mittellast geplant. Die Optimierung der Wärme- und Temperaturverluste erfolgt durch schlanke Rohrdimensionierung, Dämmung und exergetisch günstige Hausübergabestationen. Die Hydraulik wurde passend für den zukünftigen Wärmebedarf der fünf Orte ausgelegt. Die Tiefengeothermie wird als Grundlast eingesetzt und fortwährend optimiert. Dabei wurde die Fernwärmerücklauf-temperatur als Wärmesenke von anfangs über 60°C inzwischen auf unter 52°C abgesenkt. In der von Jahr zu Jahr zunehmenden Mittellast wird zukünftig eine Absorptionswärmepumpe das Thermalwasser tiefer auskühlen. Ebenfalls soll 2016 ein BHKW im Winter den Eigenstrombedarf der Energiezentrale weitgehend decken.

Dies hat als Nebenwirkung zur Folge, dass das Stromnetz im Winter entlastet wird, im Sommer jedoch weiterhin der Strom aus dem Netz gekauft wird.

Letztlich kann eine Wärmewende mit der Geothermie nur zusammen mit Kommunen und Wärmekunden erfolgreich umgesetzt werden.

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Tiefengeothermie stellt eine klimaneutrale Grundlast für Fernwärme dar, es besteht aber noch Forschungsbedarf in vielen Bereichen der geothermischen Technologien, die nur im Betrieb getestet und verifiziert werden können. Bei der Investition stellen die Tiefbohrungen inklusive Vorerkundung den größten Kostenfaktor nach dem Fernwärmenetz dar. In der Metropolregion München ist der Ausbau der Tiefengeothermie besonders weit vorangeschritten. In anderen Bereichen Deutschlands müssen insbesondere Themen wie Verbesserung der Fündigkeit, nachhaltiger Betrieb und Korrosion durch die Forschung aufgegriffen werden. Die Geothermie darf als junge Technologie mit noch fehlender industrieller Reife in ihrer Entwicklung durch Gesetze nicht behindert werden, die beispielsweise auf die Schiefergaserschließung abzielen, oder die die Geothermie mit der Entwicklung anderer erneuerbarer Energien gleichsetzen.

Forschung sollte am besten praxisnah mit Anwendungen zusammen im gesamten Bereich der geothermischen Technologien von Erkundung (Quantifizierung und Minimierung des Fündigkeitsrisikos), Erschließung, Planung und schrittweisen Umsetzung des Versorgungssystems (Effizienz, Kopplung mit anderen Energieträgern) bis hin zur Betriebsoptimierung durchgeführt werden.

Bisher stellen die Projekte eher individuelle Einzelvorhaben dar, daher ist eine wissenschaftliche Begleitung und ein Erfahrungsaustausch notwendig, um zukünftig einen Wissenstransfer zu ermöglichen.

Für einen optimalen Niedertemperaturbetrieb muss das Energiesystem, bestehend aus Wärmequelle, Verteilnetz und Energiebedarf, passgenau abgestimmt werden. Zentrale Systeme können in der Zukunft schneller angepasst werden als viele dezentrale Systeme. Der dabei auftretende Netzverlust wird durch die Geothermie abgedeckt. Auch können, energetisch gesehen, Geothermiesysteme wesentlich schneller umgesetzt werden als die energetische Gebäudesanierung. Ein effizienter Niedertemperaturbetrieb mit erneuerbaren Energien und KWK ist nur durch die genaue Auslegung und Anpassung von Bestandsnetzen durchführbar. Eine erfolgreiche Wärmewende kann also nur mit einer Ausbauoffensive von Fernwärmenetzen zusammen erfolgen.

## Literatur

- Agemar, T., Alten, J., Ganz, B., Kuder, J., Kühne, K., Schumacher, S. & Schulz, R. (2014): The Geothermal Information System for Germany – GeotIS – ZDGG Band 165 Heft 2, 129–144
- Hecht, C., Pletl, C. (2015). Das Verbundprojekt GRAME – Wegweiser für eine geothermische Wärmeversorgung urbaner Ballungsräume. Geothermische Energie, Heft 82, 8–10
- Kiesel, J. (2015). Strukturgeologische Analyse des Markt Schwabener Verwurfs im Raum München Ost. Unveröffentl. Bachelorarbeit, Technische Universität München, Fakultät Bau Geo Umwelt, 47 Seiten
- Greller, M., (2015). Technischer und ökologischer Umbau der großen Wärmenetze. Praxisforum Geothermie, Beiträge, 26.–27. Oktober 2015, München
- Moeck, I., Zimmer, R. (2014). Tiefe Geothermie in Bayern: Installierte Leistung, Erlaubnis- und Bewilligungsfelder und Erkundung. Beitragsband zu „Der Geothermiekongress DGK 2014“, 11.–13 November 2014, Essen