



Geothermie ist (fast) überall vorhanden und völlig unabhängig von Jahres- und Tageszeiten sowie von Wetterereignissen jeder Art und daher grundlastfähig

Quelle: Erdwärme Grünwald

Geothermie geht fast überall

Die Erde ist ein Bullerofen, seit ihrer Entstehung aus Sonnennebel, Staub und Gesteinsbrocken vor 4,6 Milliarden Jahren. Und diese Erdwärme lässt sich vielfältig nutzen. Geothermie hat das Potenzial, der Wärmewende einen nachhaltigen Schub zu geben. Mit ihr lässt sich die Fernwärmeversorgung in städtischen Regionen dekarbonisieren.

Zwar hat sich die Erde an der Oberfläche über Jahrmillionen abgekühlt – doch im Innern ist sie nahezu so heiß wie am ersten Tag. Das liegt zum einen am über 6 000 °C heißen Erdkern und dem darüber liegenden Erdmantel, der immerhin noch bis zu 3 700 °C heiß ist: Von dort transportieren heiße Magmaströme die Wärme nach oben, wo sie in der starren Erdkruste wie unter einem Deckel eingeschlossen bleibt. Zum anderen wird in der Erdkruste immer noch Wärme nachproduziert, weil viele Elemente im Erdinneren einem natürlichen

Zerfall unterliegen und so für einen kontinuierlichen Wärmenachschub sorgen. Ein weiterer Vorteil ist die thermische Isoliereigenschaft der Erdkruste. Die Gesteine haben eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Die natürliche Erdwärme entweicht nur sehr langsam Richtung Weltall. Die Erde bullert also auch noch die nächsten Milliarden Jahre und speichert die Wärme in der Erdkruste, auf der wir leben.

Früh erkannten die Menschen, welche Wärme da zu ihren Füßen liegt – in den Thermen der Antike und anderswo. Wo es heiße Quellen

gab, entstanden wirtschaftliche und kulturelle Zentren.

Die immer da ist

Erdwärme ist immer und überall da – das unterscheidet sie von Sonne und Wind, denn Erdwärme ist völlig unabhängig von Tages- und Jahreszeiten, von Wetter und Klima. Und das unterscheidet die Erdwärme auch von fossilen Energieträgern wie Erdöl, Erdgas, Kohle und Uranerz, die nicht überall zur Verfügung stehen. In der Erde ist es immer heiß, in der Nähe der Erd-

oberfläche immer warm und an Thermalquellen sogar auch an der Oberfläche heiß. So wird es in Mitteleuropa im Schnitt alle 100 m tiefer 3 °C wärmer. Damit stellt sich für die Menschen eine große Frage: Wie kommen wir an diese ureigenste regenerative Energie unseres Planeten heran? Die Antwort darauf liefert die Geothermie, die heutzutage in drei „Etagen“ gliedert wird:

Oberflächennahe Geothermie

Typische Systeme der oberflächennahen Geothermie sind Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden, Grundwasserbrunnen oder auch erdberührte Bauteile (Energiepfähle). Eine Erdwärmesonde ist ein Erdwärmeübertrager, in dem eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert: Das Rohrsystem wird bei der Erdwärmesonde in ein vertikal oder schräg verlaufendes Bohrloch eingebracht, beim Erdwärmekollektor horizontal. In beiden Systemen wird dem Erdreich Wärme entzogen (für Kälteanwendungen) oder zugeführt (für Wärmeanwendungen). Mit einer Wärmepumpe wird das Temperaturniveau dann angepasst: auf die jeweilige Wärmegewinnung zur Gebäudeheizung oder die Kältegewinnung zur Kühlung z. B. von Rechenzentren.

Aktuell sind in ganz Deutschland fast eine halbe Million oberflächennahe Geothermieanlagen in Betrieb, jedes Jahr kommen neue hinzu – so wurden allein 2018 insgesamt 22 000 Anlagen neuinstalliert. Prominente Beispiele für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie sind das Humboldt Forum (Bild 1) und das Bundesinnenministerium in Berlin.

Mitteltiefe Geothermie

Die mitteltiefe Geothermie, die in einem Korridor von 400 bis 1 000 m,

bei manchen Autoren bis 2 000 m angesiedelt ist, bewegt sich im Temperaturbereich von rd. 40 bis 60 °C: Hier sind sowohl geschlossene Systeme (mitteltiefe Erdwärmesonden) als auch offene Systeme (Dubletten) denkbar. In der mitteltiefen Geothermie können im Vergleich zur Tiefengeothermie in der Regel kleinere und preiswertere Bohrgeräte eingesetzt werden

(Bild 2). Ein Beispiel für eine mitteltiefe Erdwärmesonde ist das Osnabrücker Nettebad (Tiefe 820 m, Leistung 75 kW).

Die mitteltiefe Geothermie in Kombination mit einer neuartigen Wärmepumpe ist für Wärmenetze von kleineren bis mittelgroßen Städten besonders attraktiv: Die Geowärme von rd. 50 °C wird durch den Einsatz einer Hochleistungs-



Bild 1. Bohrung für das Erdwärmesondenfeld am Humboldt Forum am Berliner Stadtschloss

Quelle: Bundesverband Geothermie



Bild 2. Bohrgerät für eine Erdwärmesonde

Quelle: Internationales Geothermiezentrum

wärmepumpe auf ein Temperaturniveau von etwa 80 °C gehoben. Die Anlage läuft dabei nach dem Prinzip der Bohrungsdubletten der Tiefengeothermie. Die Investitionskosten einer solchen Anlage sind durch die geringere Bohrtiefe niedriger als etwa bei der Tiefengeothermie. Ein Beispiel dieser sehr neuen, aber bereits funktionierenden Technologie ist das Geothermieprojekt Schwerin-Lankow in Mecklenburg-Vorpommern, wo aktuell die zweite Bohrung zur Komplettierung der Bohrungsdublette abgeteuft wird (webcam des aktuellen Projekts: <https://baodoku.1000eyes.de/cam/sisgmbh2/ACCC8ED047E4/responsive.html>).

Forschungsprojekt „Meso-Therm“

Im April 2020 startete das Forschungsprojekt „Meso-Therm“ zur Erschließung der hydrothermalen Reservoirs der mitteltiefen Geothermie, die für die kommunale Wärmeversorgung in Norddeutschland zur Verfügung steht. Das Projekt ist vereint mit dem Reallabor Integrierte Wärmewende Hamburg-Wilhelmsburg IW3 der Hamburg Wasser. Noch in 2021 soll die Geothermiebohrung in Hamburg-Wilhelmsburg abgeteuft werden; die Planungen dazu laufen derzeit auf Hochtouren.

Projektpartner in Meso-Therm sind die Universität Göttingen, das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) und das Beratungs- und Planungsbüro Geothermie Neubrandenburg GmbH. Das Verbundvorhaben verfolgt das Ziel, das Fündigkeitsrisiko hydrothermalen Reservoirs in der mitteltiefen Geothermie zu minimieren und gleichzeitig neue Erkundungsmethoden durch Einbindung künstlicher Intelligenz zu entwickeln. Damit kann der mitteltiefen Geothermie bei der Wärmewende in

Norddeutschland eine entscheidende Bedeutung zukommen.

Tiefengeothermie

Die Tiefengeothermie, die die Erdwärme aus 2 bis 5 km Tiefe nutzt, umfasst in Deutschland bisher ganz überwiegend hydrothermale Lagerstätten, d. h. Tiefen, in denen Thermalwasser in Karsthohlräumen, Klüften, Störungszonen oder Porengrundwasserleitern vorkommt. Voraussetzung für ein hydrothermales System ist eine ergiebige wasserführende Gesteinsschicht mit einer möglichst weiten vertikalen und lateralen Verbreitung; dies gewährleistet eine langfristige Nutzung. Das in diesem natürlichen Reservoir zirkulierende Thermalwasser kann je nach Förderrate und Temperatur zur Erzeugung von Wärme oder – bei Temperaturen von über 100 °C – auch zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden.

Hydrothermale Lagerstätten sind in Deutschland in großer Zahl und in größeren Tiefen erschlossen: so etwa seit 1984 in Waren am Müritzsee in Mecklenburg-Vorpommern, das mit der norddeutschen Tiefebene optimale Voraussetzungen zur Nutzung der Erdwärme bietet, seit bereits über zwanzig Jahren im bayerischen Molassebecken rund um die Metropolregion München und darüber hinaus – dem Hotspot

der Tiefengeothermie in ganz Mitteleuropa mit über 30 sprudelnden und genutzten Geothermiequellen (Bild 3) – und seit vielen Jahren im Oberrheingraben, der sich über etwa 300 km vom Südrand des Taunus bis zum schweizerischen Jura erstreckt.

Neben der Bayerischen Molasse und dem Norddeutschen Becken bietet auch der Oberrheingraben ideale Voraussetzungen für hydrothermale Geothermie: Denn durch Grundwasserzirkulation – in den angrenzenden Gebirgen Schwarzwald und Vogesen absteigend, im Grabeninneren aus der wärmeren Tiefe aufsteigend – weist der Graben mit 5 °C je 100 m und stellenweise bis zu 10 °C je 100 m eine für Mitteleuropa überdurchschnittliche Temperaturzunahme in die Tiefe – dem geothermischen Gradienten – auf. Das bedeutet: höhere Temperaturen in geringeren Tiefen. So arbeiten im Oberrheingraben verlässlich die Geothermieanlagen Bruchsal, Landau und Insheim auf deutscher Seite und Rittershoffen und La Wantzenau auf französischer Seite.

Vom Kohle- zum Wärmebergbau: die Wärmewende in Nordrhein-Westfalen

Unter dem Rheinland befindet sich wie in ganz Deutschland eine große, klimaneutrale Wärmequelle. In

| Tiefengeothermie | |
|-----------------------------------|---------------|
| Anlagen in Betrieb (Stand 2020) | 38 |
| installierte Wärmeleistung | rd. 349,71 MW |
| installierte elektrische Leistung | 40,53 MW |
| durchschnittliche Teufe | rd. 2 500 m |
| Anlagen im Bau | 4 |
| Anlagen in Planung | rd. 30 |
| Forschungsprojekte | 5 |



Bild 3. Die Geothermieranlage der Erdwärme Grünwald ist eine von 30 Anlagen, die die hydrothermalen Lagerstätten des bayerischen Molassebeckens nutzen

Quelle: Erdwärme Grünwald

Gesteinen in Tiefen von 3 bis 5 km herrschen Temperaturen zwischen 100 und 160 °C. Über viele Bohrungen in den Niederlanden werden diese Gesteine bereits für energetische Zwecke genutzt und heißes Wasser gefördert. Von klimaschonender Energie aus thermalwasserführenden Schichten können viele Anwendungen profitieren, etwa Fernwärmenetze, Gewächshäuser oder Chemieindustrie, aber auch Betriebe der Zucker- und Nahrungsmittelherstellung, der Holz- und Papierverarbeitung sowie Metall-, Zement- und Bauindustrie.

Nur wenige Regionen auf der Welt haben eine ähnlich breit aufgestellte Expertise zur Erschließung und Nutzung von Ressourcen im Untergrund wie die Rhein-Ruhr-Region. Eine Vielzahl von Unternehmen und wissenschaftlichen Instituten haben in den vergangenen hundert Jahren Bergbaugeschichte diese herausragende Position begründet. Um den mit dem Kohleausstieg ver-

bundenen Strukturwandel zu meistern, wird Fraunhofer IEG zusammen mit diesen Unternehmen Anwendungsforschung in den Bereichen thermische Energietechnik und Infrastrukturen, Energieverfahrenstechnik, Bohrlochtechnologien, Wärmebergbau und Speicher sowie Georessourcen betreiben und den Weg „vom Kohle- zum Wärmebergbau“ gehen.

Fraunhofer IEG plant den Aufbau eines Reallabors zur Erkundung und Erschließung der Tiefengeothermie im Rheinischen Revier: Dabei soll das Potenzial der Tiefenwärme zur Versorgung von Fernwärmenetzen festgestellt werden, wie sie in Aachen, im Ruhrgebiet und in vielen weiteren Regionen derzeit noch fossil befeuert werden.

Nach den Erkenntnissen des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen sind im tiefen Untergrund großer Regionen dieses Bundeslandes klüftige Kalksteinformationen und damit hydrother-

male Wässer vorhanden, die sich hervorragend für den industriellen Wärmebedarf und die Fernwärmeversorgung eignen.

Für die hydrothermale Geothermie gilt ganz allgemein: Meist wird das Thermalwasser mit zwei oder mehr Bohrungen genutzt. Eine Doublette besteht aus einer Förder- (oder Produktions-) und einer Injektionsbohrung. Wird dies ergänzt um eine weitere Bohrung zur Förderung oder Reinjektion, so nennt sich das Triplette. Abgelenkte Bohrpfade ermöglichen es, verschiedene Bohrungen an einem kleinen Kraftwerksgelände niederzubringen, ohne dass Förder- und Injektionsbohrung sich in die Quere kommen (geothermischer Kurzschluss). Zudem spart ein Bohrplatz deutlich Kosten.

Geothermie ist skalierbar

„Geothermie ist wirtschaftlich in einem Temperaturbereich von 0 bis

über 150 °C nutzbar“, sagt Prof. Dr. Inga Moeck vom LIAG, die an der Georg-August Universität Göttingen die Fachgebietsleitung Angewandte Geothermik und Geohydrologik innehat. „Die Stärke der Geothermie liegt neben der von Wetter und Tageszeit unabhängigen Verfügbarkeit in der Bandbreite der Einsatzmöglichkeiten. Wie keine andere erneuerbare Energie kann die Geothermie durch Auswahl geeigneter Technologien an den Energiebedarf des Endnutzers angepasst werden – Geothermie ist skalierbar. Technische Innovationen wie die Hochleistungswärmepumpe ermöglichen die Erschließung neuer Ressourcen wie die der mitteltiefen Geothermie. Dass diese wirtschaftlich nutzbar ist, zeigt das Beispiel Schwerin in Mecklenburg-Vorpommern. Geothermische Anwendungsbeispiele aller Skalen finden sich deutschlandweit. Die Aufgabe der Forschung ist auch, für die verschiedenen Geosysteme Deutschlands marktfähige Lösungen zu entwickeln, mit denen das enorme Nutzungspotenzial der Geothermie ausgeschöpft werden kann. Unsere Studien zeigen: Eine Wärmewende ist nur mit Geothermie möglich.“

Was die Geothermie so besonders macht

Geothermie ist völlig unabhängig von Jahres- und Tageszeiten sowie von Wetterereignissen jeder Art und daher grundlastfähig. Durch das Nutzen von Geothermie werden die CO₂-, Stickoxid- und Feinstaubemissionen gesenkt. Als heimische Energie ersetzt sie teure Erdöl-, Erdgas- und Steinkohleimporte und schafft Wertschöpfung in Deutschland. Geothermie deckt auch den zunehmenden Kältebedarf in Ballungsräumen ab – über wärmebetriebene Kältemaschinen oder eigene Kältenetze. Bei Bedarf kann

Geothermie auch elektrische Regelenergie regional bereitstellen. Und: Die Wärmeverteilung in Fernwärmenetzen ist erprobte Technologie seit über hundert Jahren.

Die Geothermie ist damit der Schlüssel zur Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung, vor allem für die urbanen Lebensräume. Bei der Geothermie landen mehr als 85 % der geförderten Wärme in den Heizkörpern der Kunden: Die Geothermie ist damit um Faktoren wirtschaftlicher und effizienter als jegliche Form der Umwandlung von knappem Strom aus erneuerbaren Energien oder Wasserstoff in Wärme.

„Die Nutzung der Geothermie ist wirtschaftlich, und sie hilft, langfristig Energiekosten sozial verträglich zu halten“, wissen Helmut Mangold, Geschäftsführer der Innovative Energie Pullach IEP, Andreas Lederle, Geschäftsführer der Erdwärme Grünwald und der Geothermie Unterhaching Produktion, und Wolfgang Geisinger, Geschäftsführer der Geothermie Unterhaching Produktion und der Geothermie Unterhaching, aus über zehnjähriger Praxiserfahrung. „Um die Geothermie deutschlandweit voranzubringen, braucht es ein ‚level playing field‘, d. h. faire, nachhaltige Rahmenbedingungen zur Förderung von Geothermieprojekten und Wärmenetzen. Wenn Geothermie gleiche Rahmenbedingungen bekommt wie andere regenerative und auch heute noch fossile Energieträger, wird sie ihr Potenzial ausspielen – und das in ganz Deutschland.“

Deutschlandweite Initiative „Wärmewende durch Geothermie“

Die Wärmewende gehört zu den Topthemen in Deutschland und Europa – ökologisch, ökonomisch und sozial. Die Nutzung der Erdwär-

me hat das Potenzial, der Wärmewende einen nachhaltigen Schub zu geben und die Fernwärmeversorgung in städtischen Regionen zu dekarbonisieren. Wie dieses Potenzial der Geothermie wirtschaftlich genutzt werden kann, zeigen Geothermie-Versorgungsunternehmen in Deutschland seit vielen Jahren. Seit 2020 haben sie sich in der Initiative „Wärmewende durch Geothermie“ zusammengeschlossen, um dieses Potenzial der Geothermie auf die wirtschafts- und energiepolitische Agenda zu heben. Sie werden dabei unterstützt von Unternehmen der Bau- und Zulieferindustrie, Verbänden, Forschungsinstituten und Dienstleistern und sind offen für weitere Teilnehmer.

Der Erstimpuls für diese deutschlandweite Initiative kam von den Geothermie-Unternehmen der drei Münchner Landkreis-Gemeinden Grünwald, Unterhaching und Pullach sowie dem größten kommunalen Energieversorger Deutschlands, den Stadtwerken München. Gemeinsam leben sie und andere Geothermieunternehmen seit Jahren vor, dass Geothermie in der Lage ist, die Wärmewende in großen Schritten nach vorn zu bringen. Der Weg dorthin geht über die Nutzung der erneuerbaren Energiequelle Erdwärme zur Wärmeversorgung, den Bau neuer sowie den Umbau und die Vernetzung bestehender Fernwärmenetze.

Andreas Schneider
Heller & Partner,
München
as@heller-partner.de
www.waermewende-durch-geothermie.de
www.geothermie.de

