

Geothermie in Deutschland

PROFILE
PORTRÄTS
PERSPEKTIVEN

PARTNER DER WELT





ST1 Deep Heat Oy

Geothermische Tiefenbohrung Finnland

Anger's Leistungsspektrum:

Bodenschätze

Tiefbohrung bis 6000 m

Lagerstättenaufschluss und -erkundung

Speicherung & Workover

Erdwärme und geothermische Energie

Bergbaufolgearbeiten

Sonderaufgaben Bergbau



H. Anger's Söhne
Bohr- und Brunnenbau-
gesellschaft mbH

Gutenbergstraße 33
37235 Hessisch Lichtenau
Tel. (0 56 02) 93 30-0
info@angers-soehne.de
www.angers-soehne.com





Editorial

Geothermie spielt in der Champions-League der Energieversorger

Die Erde besitzt einen unendlichen Vorrat an thermischer Energie. Sie zu nutzen ist in hohem Maße der Geothermie vorbehalten – sie ist umweltfreundlich, ressourcenschonend, kostengünstig und jederzeit wetterunabhängig. Nicht von ungefähr erfreut sich die Geothermie eines großen Aufschwungs und einer deutlichen Zunahme an Vorhaben und Projekten.

Von der Planung bis zur Durchführung werden Bewertungen in puncto Risiko und Erfolg sowie Praxisfälle vorgestellt:

- Wie kann durch Forschung die Geothermie gestärkt werden?
- Welchen Weg kann ein ganzheitlich agierender Energieversorger beschreiten?
- In welchem Rahmen bewegen sich rechtliche und wirtschaftliche Anforderungen?
- Warum ist die „Kalte Nahwärme“ eine zukunftsorientierte und tragfähige wirtschaftliche Energiequelle?
- Welche Hoffnungen werden in die nachhaltige und unabhängige Energiequelle „Erdwärme“ gesetzt?
- Wie kann die Effizienz von tiefeingeothermischen Heizwerken verbessert werden?

Quo vadis Geothermie? Machen Sie sich auf eine spannende Reise in das Innere unserer Erde.

Walter Fürst, Geschäftsführer

Diese Publikation finden Sie auch im Internet unter www.media-mind.info

Impressum:

Herausgeber:	media mind GmbH & Co. KG Hans-Bunte-Str. 5 80992 München Telefon: +49 (0) 89 23 55 57-3 Telefax: +49 (0) 89 23 55 57-47 ISDN (MAC): +49 (0) 89 23 55 57-59 E-mail: mail@media-mind.info www.media-mind.info
Verantwortlich:	Walter Fürst, Jürgen Bauernschmitt
Gestaltung + DTP:	Jürgen Bauernschmitt
Druckvorstufe:	media mind GmbH & Co. KG
Verantwortl. Redaktion:	Ilse Schallwegg
Druck:	Kössinger AG
Erscheinungsweise:	Alle zwei Jahre

© 2018/19 by media mind GmbH & Co. KG, München
Kein Teil dieses Heftes darf ohne schriftliche Genehmigung der Redaktion gespeichert, vervielfältigt oder nachgedruckt werden.

Anzeige	2. US
H. Anger's Söhne	
Editorial	3
Bundesverband Geothermie e.V.	6
Dr. Erwin Knappek	
Geothermie in Bayern	8
Geothermie in Bayern – Installierte Leistung und Ausbaupotenzial	
<i>Autoren: Univ.-Prof. Prof. Dr. L.S. Moeck, Dr. M. Düssel, Dr. T. Agemar, Dr. J. Weber, Leibniz-Institut (LLAG)</i>	
Die Geothermie-Allianz Bayern	14
Die Geothermie-Allianz Bayern: Forschung zur Stärkung der Geothermie	
<i>Ansprechpartnerin: Dr. Katharina Aubele Projektleiterin der Geothermie-Allianz Bayern</i>	
Erdwärme	18
Grünwald	
Energiewende auf der Überholspur	
<i>Autor: Andreas Lederle Erdwärme Grünwald GmbH</i>	
Partner Geothermie	22
BEITEN BURKHARDT, Rechtsanwaltsgesellschaft mbH; BLUES Bay. Logistik Umwelt & Entsorgungs-Systeme GmbH; YADOS GmbH; IGMPLAN GmbH; Josef Weiß Elektrotechnik GmbH & Co. KG	
Stadtwerke München (SWM)	24
Münchens Vision: Fernwärme aus regenerativen Energien	
<i>Autoren: Joachim Lewalter, Dipl.-Ing. Stefan Birle SWM Services GmbH</i>	
Tiefe Geothermie und Seismizität	27
Tiefe Geothermie und Seismizität – ein Fallbeispiel aus der bayerischen Molasse	
<i>Autoren: Dr. Joachim Wassermann, Tobias Megies Department für Geo & Umweltwissenschaften, LMU</i>	
Rechtsrahmen	30
Tiefengeothermie	
Der rechtliche und wirtschaftliche Rahmen der Tiefengeothermie	
<i>Autoren: Anton Berger, Benjamin Richter Rödl & Partner GbR</i>	



GeoZentrum Nordbayern	34
Geothermisches Know-How in der oberflächennahen Geothermie <i>Autoren: Dr. David Bertermann, Johannes Müller Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg</i>	
Quartierskonzepte	36
Quartierskonzepte mit Oberflächennaher Geothermie <i>Autorin: Prof. Dr. Simone Walker-Hertkorn tewag Technologie Erdwärmeanlagen - Umweltschutz</i>	
Erdwärme	40
Erdwärme – weil es Sinn macht! <i>Autor: Thomas Popp Erdwärme Gemeinschaft Bayern e.V.</i>	
Hybride Speichereinbindung	45
Standortabhängige Einsparpotenziale der hybriden Speichereinbindung <i>Autoren: Dr.-Ing. C. Bichler, Dipl.-Ing. S. Schubert, Dipl.-Ing. R. Gundelach, KESS GmbH</i>	
Fernwärmeversorgung	48
Korrosionsbeständigkeit und schneller Baufortschritt <i>Autoren: Thorsten Weimann (CEO), Markus Ruff gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH</i>	
Anzeige Verein zur Förderung chinesischer Waisenkinder	53
Markt Holzkirchen	54
Strom und Wärme für Holzkirchen <i>Autor: Dr. rer. pol. Thomas Reif [Gaßner, Groth, Siederer & Coll.]</i>	
Anzeige Bayern Innovativ	3. US
Anzeige media mind GmbH & Co. KG	4. US



Geothermie – die unerschöpfliche Energiequelle unter unseren Füßen.

Dr. Erwin Knappek
Präsident des Bundesverband Geothermie e.V.

Der größte Energiespeicher unserer Erde ist die Erde selbst. Sie steht der Menschheit für eine gedeihliche Nutzung zur Verfügung, was aber bedeutet, dass wir schonend mit ihr umgehen müssen, stets im Hinblick auf nachfolgende Generationen. Diese werden trotz aller Einsparbemühungen ebenso wie wir einen großen Bedarf an Wärme, Kälte und elektrischer Energie decken müssen. Geothermie muss im Zentrum der Wärmewende hin zur Erneuerbaren Wärmeversorgung stehen, wenn wir diese erfolgreich gestalten wollen. Insgesamt sind 99 % des Erdinneren über 1.000° C heiß. Von dem verbleibenden Prozent erreichen wiederum 99 % Temperaturen von 100 ° C. Nach menschlichem Ermessen ist das ein schier unendlicher Vorrat an thermischer Energie. Allein ein Bruchteil würde genügen, um die Menschheit mit Wärme und Kühlenergie zu versorgen sowie einen nennenswerten Beitrag zur Versorgung mit elektrischer Energie zu leisten. Und das funktioniert dekarbonisierend, da prinzipiell kein CO₂ bei der Nutzung emittiert wird, kostengünstig, da man am Weltmarkt keine Primärenergie einkaufen muss und mithilfe von dezentralen Anlagen lokal, was wiederum zu lokalen Wirtschaftskreisläufen führt. Alles, was man dafür tun muss, ist, das Erdreich „anzuzapfen“.

Der Wärmestrom aus der Tiefe

30 % des Energiestroms strömen aus dem 5.000° C bis 6.000° C

heißem Erdkern strömen nach oben und 70 % entstehen durch den radioaktiven Zerfall natürlicher radioaktiver Elemente im Erdmantel und in der Erdkruste. Unmittelbar unter der Erdoberfläche wird ein Teil der Wärme durch Regenwasser und Sonneneinstrahlung zugeführt. Im Durchschnitt liegt die Temperatur hierzulande bis 20 m Tiefe bei 10° C bis 12° C und in Städten kann sie mittlerweile über 15° C erreichen. Pro 100 Meter nimmt die Temperatur im Mittel um 3° C zu, wobei es z. B. im Norden von München, Oberfranken oder im Oberrheingraben Temperatursteigerungen von 3,5° C bis 5° C pro 100m geben kann, so dass ab 3.000 m Tiefe in der Bayerischen Alpenmolasse Temperaturen von 100° C und mehr zu erwarten sind. Je nach erschlossener Tiefe spricht man in Deutschland von Oberflächennaher oder Tiefer Geothermie. Die Grenze liegt bei 400 m Tiefe.

Flexible Bereitstellung von Wärme, Kälte und Strom

Die Erdwärme kann entweder mit Hilfe von Wärmepumpen mit Oberflächennaher Geothermie genutzt werden, zum Beispiel zur Beheizung und Klimatisierung von Wohnräumen, großen Bürogebäuden oder auch zur Eisfreihaltung oder mit Tiefer Geothermie zum Betrieb von Fernwärme und Fernkälte. Bei Thermalwassertemperaturen über 100° C ist unter zu Hilfe- nahme von Betriebsmitteln mit

niedriger Siedetemperatur die Dampferzeugung zum Betrieb von Turbinen möglich und damit zur Stromerzeugung. Zudem wird Erdwärme aus Tiefer Geothermie zum Trocknen von Lebensmitteln und Holz sowie für den Betrieb von Gewächshäusern wie zum Beispiel in Kirchweidach genutzt.

Erdwärme bietet viele Chancen

Erdwärme ist definiert als die unter der Erdoberfläche gespeicherte thermische Energie. Sie ist umweltfreundlich und ressourcenschonend. Sie ist unabhängig von Wetterbedingungen und steht rund um die Uhr zur Verfügung. Dadurch, dass sie weitestgehend CO₂-frei ist, liefert sie einen signifikanten Beitrag zum Klimaschutz. Zudem ist ihr Platzbedarf ziemlich gering. Anlagen für die Nutzung der Oberflächennahen Geothermie können unauffällig unter dem Rasen, unter Zufahrten von Gebäuden oder auch unter Gebäuden installiert werden. Auch tiefengeothermische Großanlagen können harmonisch in das Orts- oder Landschaftsbild eingefügt werden. Jedenfalls bieten sie von allen Erneuerbaren Energien die größte Energiedichte pro Flächeneinheit. Bei Nutzung der oberflächennahen Geothermie für die Wärmeversorgung von Einzelhäusern bis zu großstädtischen Ballungsräumen, wird diese Energie ideal eingesetzt, denn erdwärmegebundene Wärmepumpen stellen Wärme genau auf dem benötigten Temperaturniveau

zur Verfügung. Dadurch zählen diese Anlagen in der Regel zu den effizientesten Heizungssystemen. Bei der Tiefen Geothermie ermöglicht die Kaskadennutzung Effizienzsteigerungen. Dabei wird die Erdwärme in mehreren Stufen optimal ausgenutzt. Beispielsweise bei Temperaturen über 100° C zunächst für die Stromerzeugung, dann zur Beheizung eines Fernwärmenetzes, dessen Betriebstemperaturen durch den Einsatz von Großwärmepumpen zusätzlich hochgeregt werden kann, und schließlich zur Beheizung von Gebäuden mit einem Niedertemperaturnetz mit ca. 35° C bis 40° C oder zum Betrieb von Gewächshäusern. Damit kann die Wärme des Thermalwassers optimal ausgenutzt werden, bevor es wieder in das Erdreich zurückgeführt wird. In diesem Zusammenhang könnte durch Herabsetzung der Vorlauf – wie Rücklauftemperaturen in den Heizungssystemen der Gebäude mittels technischer Veränderungen im internen Heizkreislauf die Erdwärme noch effizienter genutzt werden. Zudem sind jegliche Möglichkeiten der Kopplung von Erdwärme mit Anlagen zur Erzeugung Erneuerbaren Stroms, Erdwärmespeicher, Solarthermie, Nutzung von hoher Abwärme bei Industrieprozessen oder bei der Herstellung von Lebensmitteln denkbar.

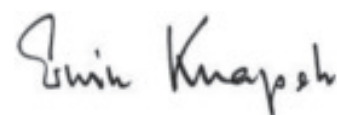
Sollte das Klimaschutzziel 2050 erreicht werden, so sind all diese Maßnahmen mit Hilfe der Geothermie als zentrale Erneuerbare Wärmeenergie unabdingbar umzusetzen. Planer von Heizungssystemen, Architekten aber z. B. auch Genehmigungsbehörden sind jedoch gefragt, die Umsetzung dieser Technik zu ermöglichen und zu beschleunigen. Die entsprechenden technischen Mittel können von der Industrie und den Energieversorgern bereits heute bereit gestellt werden, wie man in diesem Heft zur „Geothermie in Deutschland“ beispielhaft erfahren kann.

Licht vor der Hacke – Versorgungssicherheit

Eine Bergmannsweisheit lautet: „Vor der Hacke ist es finster“. Diese Aussage lässt Zweifel offen, ob man bei der Suche nach heißem Thermalwasser in einigen Kilometern Tiefe auch wirklich Erfolg haben wird. Ganz so „finster“ ist es aber dank der Entwicklung von seismischen Messverfahren nicht mehr. Sie ermöglichen die Erstellung von 2D- oder 3D-Modellen des Untergrunds. Die Daten dazu werden durch Einleiten von leichten Schwingungen (Schallwellen) ins Erdreich infolge von Reflexion der Schallwellen gewonnen. Entsprechend ausgerüstete Lastwagen lösen diese Schwingungen durch Rütteln von Metallplatten auf dem Erdboden aus. Ein Netz von Geophonen zeichnet dann die reflektierten Schallwellen auf, d.h. sie messen die Laufzeit dieser reflektierten Wellen, mit der Rückschlüsse auf die Verteilung von Gesteinsschichten im Untergrund und die Verfügbarkeit von Thermalwasser gezogen werden können. Das ist heute Stand der Technik, mit der die Fündigkeitsrate erheblich verbessert werden kann. So wurde z. B. Anfang 2016 im Stadtgebiet von München ein Areal von etwa 170 km² untersucht, um Klarheit zu bekommen, ob der weltweit sehr beachtete Plan, die bayrische Landeshauptstadt ab 2040 im Wesentlichen mit geothermisch beheizter Fernwärme zu versorgen, um damit etwa 40 % des Wärmebedarfs für Gebäude in München abzudecken. Die Methode der seismischen Untersuchungen ersetzt aber nicht die wesentlich exaktere Untersuchung unseres geologischen Untergrunds durch Forschungsbohrungen und damit durch die Gewinnung von Bohrkernen. Für eine gesicherte und möglichst großflächige Gewinnung von Erdwärme über Thermalwasseraquifere wäre dies eine äußerst wichtige Forschungsinitiative für die nächsten Jahrzehnte. Bei Oberflächennahen Geothermieanlagen müssen keine umfangrei-

chen Untergrunduntersuchungen durch geführt werden. Regionale Verzeichnisse geben Auskunft über die Anordnung der oberen Gesteinsschichten. Auch hochliegende Grundwasservorkommen können für den Betrieb von erdgebundenen Wärmepumpen genutzt werden. Man ist aber nicht nur auf Grundwasservorkommen angewiesen, wenn man z. B. Erdwärmesonden zu Hilfe nimmt, die bis zu 99 m Tiefe bergrechtsfrei abgeteuft werden können. Die benötigte Sondenlänge kann anhand der Schichtenverzeichnisse (geologisches Landesamt) und durch Erfahrungswerte von bestehenden Anlagen genau berechnet werden. Bei Anlagen mit mehreren Sonden (Sondenfelder) – wie z. B. für die Wärme – und Kälteversorgung der Neuen Pinakothek in München oder des Bundesinnenministeriums in Berlin bzw. der wiedererrichteten Garnisonskirche in Potsdam – können die Berechnungen anhand der ersten Bohrung überprüft werden. Bei diesem sogenannten Thermal Response Test wird warmes Wasser in das Sondenrohr eingeleitet. Durch Messungen beim Rückfluss können die Wärmeleitfähigkeit und der thermische Bohrlochwiderstand bestimmt werden. In der Folge können die Planungen optimiert und gegebenenfalls Kosten eingespart werden.

Das vorliegende Heft „Geothermie in Deutschland“ bietet allen wichtige Informationen zum Stand der Technik und Entwicklung der Nutzung von Erdwärme in Bayern. Sollten sie noch mehr Informationen benötigen, so bietet sich ein umfangreiches Lexikon zur Geothermie über www.geothermie.de beim Bundesverband Geothermie e. V. an.



Dr. Erwin Knappek

Präsident des
Bundesverband Geothermie e. V.

Geothermie in Bayern – Installierte Leistung und Ausbaupotenzial



Geowissenschaftliche Rahmenbedingungen für die Wärmewende

Unter den regenerativen Energiequellen nimmt die Erdwärme eine Sonderstellung ein, da sie ganzjährig zu jeder Tageszeit zur Verfügung steht und daher auch im Grundlastbereich eingesetzt werden kann. In Ländern mit günstigen geothermischen Bedingungen wie in den zirkumpazifischen Staaten, in Island oder Italien, nutzt man die geothermische Energie bereits seit Jahrzehnten für die Stromerzeugung zu konkurrenzfähigen Preisen. Vorreiter für diese Entwicklung war Italien, wo in der Toskana schon seit mehr als 100 Jahren geothermischer Strom erzeugt wird. In diesen Regionen liegt ein hoher Wärmegradient vor, der aus konvektiv dominiertem Wärmefluss in der oberen Erdkruste resultiert. In Bohrtiefen von wenigen hundert bis tausend Metern liegen bereits Temperaturen von über 150 °C und Dampfagerstätten vor. Jenseits diesen für eine geothermische Nutzung begünstigten Regionen wird die Temperaturzunahme in der Erdkruste durch konduktiven Wärmefluss dominiert. Entsprechend sind Tiefbohrungen von 4000 m und mehr notwendig, um Temperaturen von über 150 °C zu erreichen. Deutschland gehört größtenteils zu letztgenannten Regionen mit einem durchschnittlichen Wärmegradienten

von etwa 32 °C Temperaturzunahme pro Kilometer.

In der geothermischen Entwicklung nimmt Bayern bislang eine Vorreiterrolle ein. Bayern gehört zu den wenigen Regionen weltweit, in denen erfolgreich Wärme und Strom aus geothermischen

Systemen mit konduktiv dominiertem Wärmefluss gewonnen wird. Die besondere geologische Stellung in einem sogenannten Vorlandbecken, das sich keilförmig im Vorland eines Gebirges entwickelt, macht die Entwicklung geothermischer Energieerzeugung

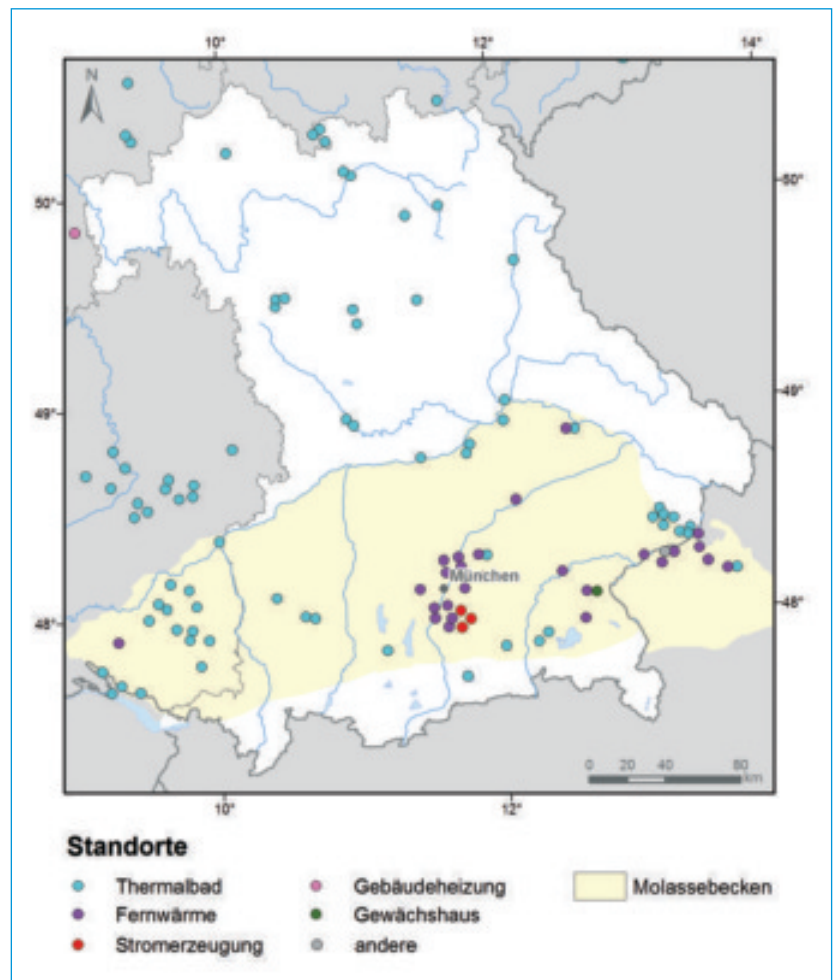


Abb. 1: Überblick über die Standorte in Bayern und benachbarten Gebieten, an denen geothermische Energie für unterschiedliche Anwendungen genutzt wird. ■

auf industrieller Basis im Bayerischen Molassebecken erst möglich. Das vornehmlich genutzte geothermische Reservoir ist eine 150 Millionen Jahre alte Kalksteinschicht, die sich umgangssprachlich als Der Malm etabliert hat und Karbonate der Oberen Weißjuragruppe umfasst. Der Malm führt gering mineralisierte Wässer, die im Gegensatz zu den Thermalwässern des tertiären Deckgebirges im Molassebecken oder der Sandsteine im Norddeutschen Becken eine geringere korrosive Wirkung auf die technischen Komponenten einer Geothermianlage haben. Insgesamt gibt es in Bayern 59 geothermische Anlagen einschließlich der Bäderbetriebe (Abb. 1).

Status-quo der geothermisch installierten Leistung in Deutschland

Über die letzten 15 Jahre hat die Geothermie in Deutschland eine enorme Entwicklung erfahren. Aktuell beträgt die gesamte installierte Leistung aus oberflächennahen und tiefeingeothermischen Anlagen über 4,6 GWt (circa 4680 MWt). Den größten Anteil übernehmen dabei oberflächennahe Geothermianlagen (circa 360 000 erdgebundene Wärmepumpen) mit einer installierten Leistung von 4,3 GWt. Auch zukünftig hat die Geothermie ein außerordentlich großes Entwicklungspotenzial. Unter den erneuerbaren Energien hat die Geothermie das größte Potenzial, fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl oder Erdgas als Lieferant für Wärme zu ersetzen (Moeck et al., 2016). In Deutschland liefern derzeit 18 Heizwerke Wärme, fünf Heizkraftwerke Strom und Wärme sowie drei Kraftwerke Strom aus geothermischen Reservoiren mit einer installierten geothermischen Leistung von 36,3 MWel und 309 MWt. Hinzu kommen rund 150 Anlagen zur direkten Wärmenutzung im kleineren Maßstab wie

zum Beispiel Thermalbäder mit einer installierten Leistung von knapp 57 MWt (GeotIS 2018, noch nicht veröffentlicht).

Die Mehrzahl der geothermischen Heizkraftwerke befindet sich in Oberbayern, insbesondere in der Region München. Hier erweist sich der Malm als besonders günstige hydrothermale Formation, in der Temperatur und Produktivität von Bohrungen eine hohe thermische Leistung für eine wirtschaftliche Nutzung ermöglichen. In der Region München trifft eine hervorragende hydrothermale Ressource mit einem hohen Wärmebedarf der Stadt München zusammen. Mit der Ausbauoffensive der Stadtwerke München, diese hydrothermale Ressource zu entwickeln und nachhaltig zu nutzen, wird die zukünftige Rolle der Geothermie in der Energiewende

besonders deutlich. Der Fokus der zukünftigen geothermischen Nutzung liegt nun nicht mehr auf Strom sondern auf Wärme. Unter den Erneuerbaren Energieträgern ist die Tiefe Geothermie insbesondere den hohen Wärmebedarf, der den größten Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch ausmacht, weitflächig zu decken. Längst wird nicht mehr nur von der Energiewende sondern vielmehr von der Wärmewende gesprochen. Unter dieser Prämisse sind nicht nur Oberbayern und der bekannte Malm im Molassebecken interessant für die geothermische Nutzung, sondern auch Gebiete in Franken oder nicht ganz so tiefliegende Sandsteinformationen im Molassebecken. In den folgenden Kapiteln werden diese Regionen geologisch beschrieben und ihr geothermisches Nutzungspotenzial

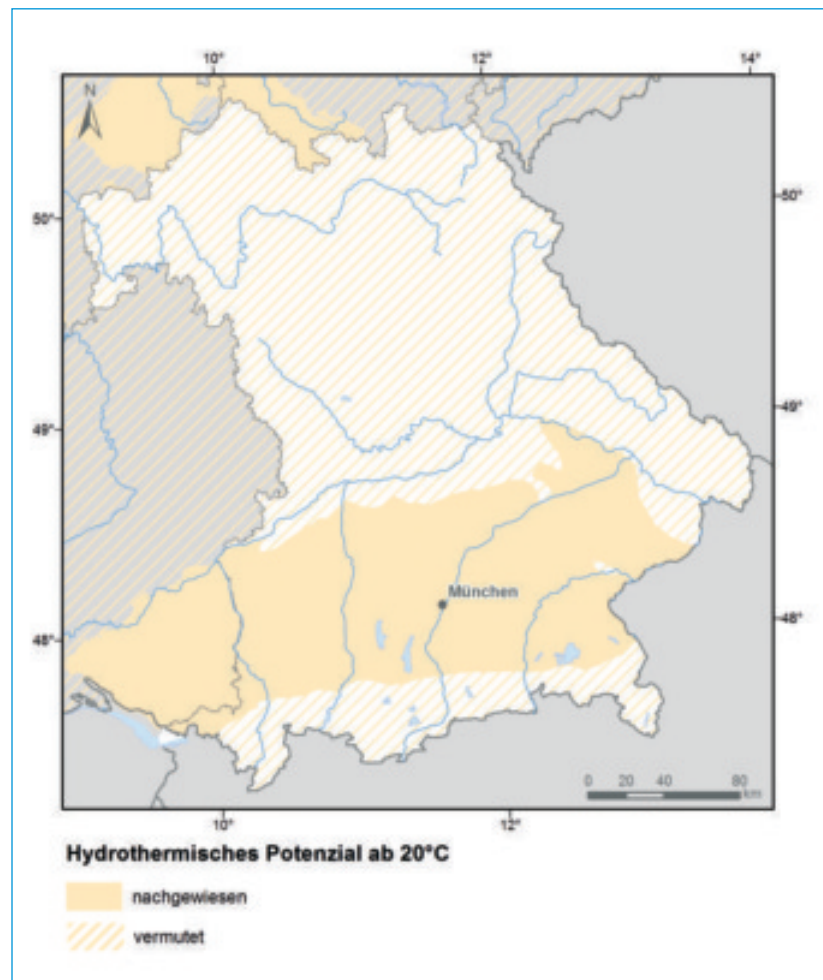


Abb. 2: Gebiete in Bayern und benachbarte Gebiete mit heißwasserführenden Sedimentschichten und potenziell nutzbaren Temperaturen von 20 – 40 °C. ■

durch verschiedene neue Temperaturkarten dargestellt. Neben der geothermischen Stromerzeugung durch Investorenprojekte kann damit auch die geothermische Wärmebereitstellung durch kommunale Projekte den Ausbau der Geothermie in Bayern bestimmen.

Geologie des Molassebeckens

Das Molassebecken stellt mit seinem keilförmigen sich zum Gebirge hin vertiefenden Sedimentationsraum ein klassisches orogenes Vorlandbecken dar. Es ist eines von sieben känozoischen Vorlandbecken in Europa, die dem Alpengebirge vorgelagert sind. Das Molassebecken reicht von der Haute Savoy (Frankreich) im Westen über die Schweiz und Süddeutschland bis hin in das Linzer-Wiener Gebiet in Österreich (Kuhlemann & Kempf, 2002). Der zentrale Hauptteil dieses sich über eine Distanz von 700 km erstreckenden Beckens liegt in Bayern (Homewood et al., 1986). Die größte Öffnungsweite des Molassebeckens, dessen Becken-Achse nach Südost einfällt, befindet sich im Südosten Bayerns bis nach Österreich mit einer Beckenweite von etwa 150 km (Lemcke, 1988; Schmid et al., 2008). Die Beckenfüllung des Molassebeckens besteht aus klastischen Sedimenten, die die Abtragungsprodukte der sich hebenden Alpen darstellen und als namensgebende Molasse bezeichnet werden. Das Molassebecken durchlief in seiner Entwicklung seit den letzten 260 Millionen Jahren vier geodynamische Hauptstadien (Nachtmann & Wagner, 1987; Roeder & Bachmann, 1996; Kuhlemann & Kempf, 2002): (i) das Synrift-Stadium (Permo-Karbon), (ii) das Epikontinental-Stadium (Trias-Mittlerer Jura), (iii) das passive Kontinentalrand-Stadium (Mittlerer Jura-Obere Kreide/Paläozän), und (iv) das Vortie-

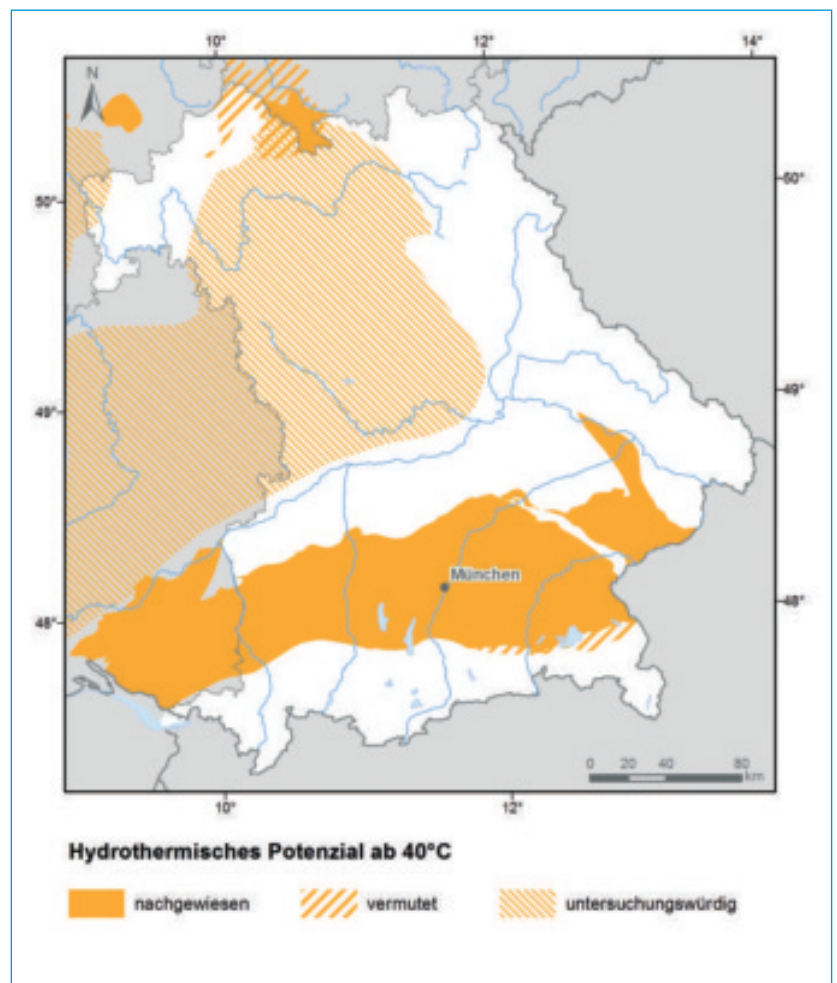


Abb. 3: Gebiete in Bayern und benachbarte Gebiete mit heißwasserführenden Sedimentschichten und potentiell nutzbaren Temperaturen von 40 – 60 °C. ■

fen-Stadium der Alpen (Oligozän-Pliozän). Die Molasse-Sedimente, die je nach wechselndem Ablagerungsraum als Süßwasser-, Brackwasser- und Meeresmolasse bezeichnet werden, sind durch eine Schichtlücke von 500 bis 1000 m mächtigen mesozoischen Schelfsedimenten unterlagert, die im passiven Kontinentalrandbecken eines damaligen Ozeans, der Neotethys, gebildet wurden. Die hauptsächlich Mittel- bis Oberjurassischen Karbonate liegen variszischem Grundgebirge auf, das lokal in Permo-Karbonische Tröge eingeteilt sein kann (Lemcke, 1988; Lüschen et al., 2011).

Geothermische Ressourcen im Bayerischen Molassebecken

Die Erkundung der mesozoischen Karbonate begann in den 1970er Jahren für die Grundwasserer-

schließung. Dabei sind tektonische und sedimentäre Zyklen mit unterschiedlicher Gebirgsdurchlässigkeit erfasst und beschrieben worden (Lemcke, 1976; Lange, 1981; Bachmann et al., 1987). Die 3–5 km tiefe Formation des Malm wurde anfangs nur untergeordnet als Kohlenwasserstofflagerstätte und seit etwa 15 Jahren als geothermische Ressource erkundet. Der Malm stellt als Karbonatformation einen typischen Kluftspeicher dar, der durch Lösungsprozesse (Karst), Gesteinsbildungs- und Druck-Lösungs-Prozesse (Diagenese) oder ablagerungsbedingt (Fazies) in seiner Speicherqualität stark beeinflusst werden kann.

Ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit der Erdwärmenutzung ist neben der Temperatur die maximal zu erzielende Förderleistung. Im Malmkarst ist mit einer hohen lokalen Variabilität

der Thermalwasserschüttung zu rechnen, die darauf beruht, dass in einer Bohrung ein hochergiebiges Karst- oder Kluftbereich erbohrt, ein solcher in einer dicht benachbarten Bohrung aber verfehlt wird. Darüber hinaus gibt es auch regionale auf der faziellen Ausbildung und der Tektonik beruhende Unterschiede. So ist bekannt, dass die helvetische Fazies des Malmkarstes deutlich geringere hydraulische Leitfähigkeiten aufweist als die schwäbische und fränkische Fazies. Aufgrund der höheren Dichte tektonischer Störungen im östlichen Molassebecken kann dort eventuell mit einer erhöhten Erfolgswahrscheinlichkeit gerechnet werden. Für eine optimale Erschließung und einer damit verbundenen Reduzierung des Fündigkeitsrisikos sind daher Kenntnisse der strukturellen Verhältnisse und Verkarstung des Malmes erforderlich. Deshalb sollte vor dem Abteufen einer geothermischen Bohrung eine intensive seismische Exploration durchgeführt werden (Lüschen & Thomas, 2012). Mit Hilfe der Seismik lässt sich die Struktur, die fazielle Ausprägung und die Tiefenlage, und damit die zu erwartende Temperatur, bestimmen. Ob eine geothermische Bohrung als fündig zu bezeichnen ist, hängt stark vom wirtschaftlichen Konzept des Betreibers ab. Für die Versorgung eines Thermalbades reichen oft schon 30 °C und eine Schüttung von 3 l/s aus, für die Fernwärmeversorgung sind Temperaturen von 70-90 °C und Fließraten um 30 l/s geeignet, während eine geothermische Stromerzeugung mindestens 100 °C und Förderraten um 100 l/s erfordern. Deshalb ist das Fündigkeitsrisiko für jede einzelne geothermische Bohrung individuell zu beurteilen.

Die geothermische Nutzung des Malm begann 1998 mit dem Projekt Erding, das aus einer nicht hoffigen Erdölsuchbohrung hervorging und für Heizzwecke ent-

wickelt wurde. Mit der zweiten geothermalen Bohrung in Erding wurde deutlich, dass eine hohe Produktivität mit dem Durchteufen von Störungen verbunden sein kann. Von 2007 bis 2017 wurde am Standort Unterhaching das Thermalwasser aus dem Malm zur Stromerzeugung genutzt. Wegen des hohen Wärmebedarfs wird seit 2017 in Unterhaching auf die Stromerzeugung aus Geothermie verzichtet. Die benachbarte Anlage Grünwald produziert jedoch weiterhin Strom aus Geothermie mittels einer ORC Anlage. In Bayern sind zum jetzigen Stand 298 MWt Wärmeleistung in 20 Projekten und 31,1 MWe Stromleistung in sechs Projekten realisiert. Derzeit bestehen in Bayern 33 Erlaubnisfelder zur gewerblichen oder großräumigen Aufsuchung von Erdwärme. Insgesamt sind bisher 50 Tiefbohrungen für die geothermische Erschließung in den Malm niedergebracht worden (Abb. 1). Davon sind drei Bohrungen nicht fündig im Sinne einer zu geringen Schüttung (< 5 l/s). Die Erfolgsrate für geothermische Tiefbohrungen liegt damit im Molassebecken bei 94 %.

Der Großraum München mit seinen 17 in Betrieb befindlichen geothermischen Heizzentralen und Kraftwerken wurde in der letzten Dekade zu einem beispielhaften Gebiet für die nachhaltige Nutzung des enormen geothermischen Potenzials im Niedrigenergie-Bereich („Low-enthalpy“ mit Thermalwassertemperaturen < 150 °C). Mit zunehmend tieferen Erschließungsbohrungen bis in 5 km Tiefe steigen die Anforderungen an die Projekte. Spezifische Anforderungen, beispielsweise weiterentwickelte Unterwasserpumpen, die große Schüttungsmengen bei hohen Temperaturen über 100 °C bewältigen müssen, erfordern große ingenieurtechnische Anstrengungen. Einen jeweils aktuellen Überblick

dazu liefert das Internetportal www.geotis.de.

Geothermisches Potenzial in Bayern auch außerhalb des Molassebeckens

Da eine Mehrfach- oder Kaskadennutzung die Wirtschaftlichkeit der Erdwärmenutzung erhöht, sollten Anlagen mit einer Kombination aus hydrothormaler Gebäudeheizung, Thermalbad, Gewächshausheizung oder Trocknung betrieben werden. Gerade angesichts der Wärmewende gewinnen hydrothermale Lagerstätten in Sedimenten mit geringeren Temperaturen in Nordbayern an Bedeutung. Diese geothermischen Lagerstätten sind vergleichbar mit mitteltiefen Sedimentformationen aus dem Norddeutschen Becken, mit entsprechend salzhaltigem Thermalwasser im Poren- oder Klufttraum der geologischen Gesteinsformation. In Kombination mit anderen Erneuerbaren Energieträgern wie beispielsweise Solarthermie oder Biogas ist eine wirtschaftliche Nutzung der Mitteltiefen Geothermie aus sedimentären Gestein in Nordbayern denkbar. Für balneologische Zwecke werden mit Thermalwasser gefüllte Sedimente in Nordbayern bereits genutzt.

Neue Untersuchungsergebnisse innerhalb des GeotIS zeigen das geothermische Potenzial Bayerns, verschiedene Temperaturbereiche in heißwasserführenden Sedimentformationen anzutreffen. Hervorzuheben ist der etwa 250 Millionen Jahre alte Buntsandstein, der in Tiefen von wenigen hundert Metern bis in rund 1500 m Tiefe mit entsprechend höheren Temperaturen vorkommt. So können ab 20 °C Schwimm- und Thermalbäder beheizt werden (Abb. 2). Ab 40 °C ist eine landwirtschaftliche Nutzung durch Gewächshäuser denkbar. Das geothermische Potenzial für diese Nutzung liegt möglicherweise in Nordbayern vor, zumindest liegen

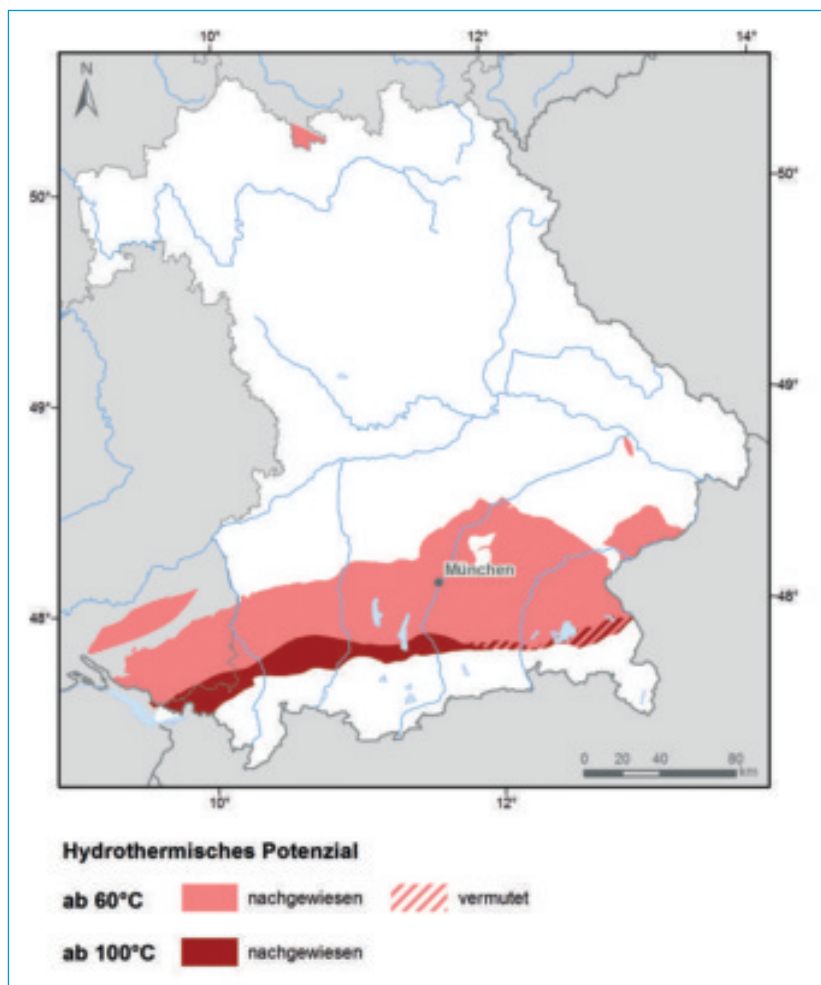


Abb. 4: Gebiete in Bayern und benachbarte Gebiete mit heißwasserführenden Sedimentschichten und potentiell nutzbaren Temperaturen von 60 – 100 °C und größer 100 °C. ■

dort untersuchungswürdige Formationen (Abb. 3). Für Landwirte stellen Gewächshäuser eine attraktive Alternative zum konventionellen Ackerbau dar, dessen Ertrag durch den Klimawandel zunehmend unberechenbar wird (pers. Komm. K. Hohensinner, www.futura.com). Für Temperaturen zwischen 40 und 60 °C in Verbindung mit dem Einsatz einer Wärmepumpe ist die Versorgung eines kommunalen Fernwärmenetzes realisierbar. Idealerweise wird die Wärmepumpe dann mit Strom aus anderen erneuerbaren Energieträgern betrieben. Temperaturen von über 60 °C liegen in Sedimentformationen im Molassebecken vor (Abb. 4). Hier wäre neben dem Malm auch die geothermische Erschließung von über dem Malm liegenden Sandsteinformationen möglich. Das generell sehr viel höher minerali-

sierte Thermalwasser aus diesen Sandsteinformationen würde einen Korrosionsschutz der technischen Anlagenteile notwendig machen, wie an geothermischen Anlagen beispielsweise in Neubrandenburg oder Waren im Norddeutschen Becken bereits geschehen.

Bürgerdialog und Öffentlichkeit

Bei der Projektentwicklung mehrerer Erlaubnisfelder hatten oder haben sich Initiativen gegen die geothermische Erschließung oder deren Nutzung gebildet. Die Formation von Gegenbewegungen zur Geothermie zeigt, dass bereits in der frühen Erkundungsphase und vor den ersten Messungen (z. B. Seismik) ein Bürgerdialog und eine professionelle Öffentlichkeitsarbeit von besonderer Bedeutung sind

(Moeck & Zimmer, 2014). Ein positives Beispiel einer sich entwickelnden Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit ist das Geothermieprojekt Poing, das trotz aufgetretener Seismizität und nach vorübergehender Abschaltung des Thermalwasserkreislaufs den Betrieb nach Fürsprache durch Land, Kommune und Wissenschaft wieder aufnehmen konnte. Grundlage für die Entscheidung war eine wissenschaftliche Studie zu der spürbaren Seismizität. Die begleitende Öffentlichkeitsarbeit, insbesondere die vieler kommunaler Geothermieprojekte in Bayern, ist als vorbildlich herauszuheben. Zudem sind die Unternehmen aufgrund gesetzlicher Vorgaben angehalten, schon frühzeitig die betroffene Öffentlichkeit über die Projektvorhaben zu informieren und aufzuklären.

Dennoch ist festzustellen, dass auch die beste Informationskampagne nicht verhindern kann, dass Urängste, die mit Bohrungen in den tiefen Untergrund und dem Betrieb von Kraftwerken verbunden sind, bestehen bleiben. Es stellt sich hier vor allem auch für die Wissenschaft die Aufgabe, grundlegende Zusammenhänge aus den mit der Geothermie verbundenen Fachbereichen und die Ergebnisse der angewandten Forschungen in verständlicher Form der Öffentlichkeit bekannt zu machen und zu publizieren.

Der Erfolg der Geothermie hängt maßgebend auch von der Akzeptanz der Bürger ab. Diese Akzeptanz ist in Bayern aufgrund der bisherigen positiven Betriebserfahrungen in weiten Teilen der Bevölkerung gegeben. Die Betreiber in Bayern haben gezeigt, dass eine umweltverträgliche Erkundung und Nutzung geothermischer Ressourcen möglich ist. Ferner hat die Geothermie gegenüber anderen regenerativen Energieträgern viele Vorteile: sie

ist heimisch, grundlastfähig und klimaneutral, langfristig nutzbar – dies zeigen die auf den Betriebserfahrungen basierenden Modellierungen – bei geringem Flächenverbrauch und damit geringfügigen Eingriffen in die Natur. Diese offensichtlichen Argumente können eine Mehrheit überzeugen, wenn sie – wie in Bayern – in der Praxis nachweisbar sind.

Literatur

- Bachmann, G.H., Mueller, M., Weggen, K. (1987): Evolution of the Molasse Basin (Germany, Switzerland). – Tectonophysics 137: 77-92.
- Homewood, P., Allen, P.A., Williams, G.D. (1986): Dynamics of the Molasse Basin of Western Switzerland. – In PA Allen, P Homewood (eds): Foreland Basins. Spec Publ Int Assoc Sediment 8: 199-217.
- Kuhlemann, J., Kempf, O. (2002): Post-Eocene evolution of the North Alpine Foreland Basin and its response to Alpine tectonics. – Sedimentary Geology 152: 45-78.
- Lange, H. (1981): Die Kreide im Untergrund des Molassebeckens (Purbeck bis Campan). – In: Bayerisches Geologisches Landesamt, Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1:500,000 (3rd edition): 71-74, Munich.
- Lemcke, K. (1988): Geologie von Bayern.–I. Teil: Das bayerische Alpenvorland vor der Eiszeit. – I E. Schweizerbart, Stuttgart, 175 pp.
- Lemcke, K. (1976): Über tiefe Grundwässer im süddeutschen Alpenvorland. – Bulletin Vereinter Schweizer Petroleum Geologen und Ingenieure 42: 9-18.
- Lüschen E. & Thomas, R. (2012): 3D-Seismik für die geothermische Exploration in Unterhaching. – Geothermie in Bayern: 14-19; München (mediamind).
- Lüschen, E., Dussel, M., Thomas, R., Schulz, R. (2011): 3D seismic survey for geothermal exploration at Unterhaching, Munich, Germany. – First Break 29: 45-54.
- Moeck, I., Suchi, E., Agemar, T., Weber, J. (2016): Geothermie in Deutschland – Installierte Leistung und Potenzial. – Geothermische Energie Heft 84: 4-7.
- Moeck, I., Zimmer, R., (2014): Tiefe Geothermie in Bayern: Installierte Leistung, Erlaubnis-/Bewilligungsfelder und Erkundung. – Proceedings, Der Geothermiekongress DGK 2014” Essen, 11.-13. November 2014, 8 Seiten.
- Nachtmann, W., Wagner, L. (1987): Mesozoic and Early Tertiary evolution of the Alpine Foreland in Upper Austria and Salzburg, Austria. – In: Ziegler, A. (ed): Compressional Intra Plate Deformations in the Alpine Foreland, Tectonophysics, 137(1-4): 61-76
- Roeder, D., Bachmann, G.H. (1996): Evolution, structure and petroleum geology of the German Molasse Basin. – In: Ziegler, P. & Horvath, F. (ed): Peri-Tethys Memoir 2: Structure and Prospects of Alpine Basins and Forelands, Memoires Museum National d'Histoire Naturelle 170: 263-284
- Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. – Swiss Journal of Geosciences 101: 139-183

Internet

www.geotis.de Geothermisches Informationssystem für Deutschland
www.leibniz-liag.de LIAG – Sektion 4 Geothermik und Informationssysteme

Autoren:



Univ.-Prof. Prof. Dr.
Inga S. Moeck,
Sektionsleitung

Leibniz-Institut für Angewandte
Geophysik (LIAG)
Stilleweg 2
30655 Hannover
Tel.: +49 (0) 511 643 3468
Fax: +49 (0) 511 643 3665
E-Mail: inga.moeck@leibniz-liag.de



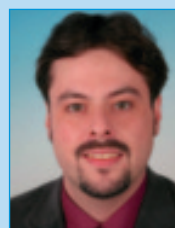
Dr. Michael Dussel

Leibniz-Institut für Angewandte
Geophysik (LIAG)
Tel.: +49 (0) 511 643 2845
E-Mail: michael.dussel@leibniz-liag.de



Dr.
Thorsten Agemar

Leibniz-Institut für Angewandte
Geophysik (LIAG)
Tel.: +49 (0) 511 643 2937
E-Mail: thorsten.agemar@leibniz-liag.de



Dr. Josef Weber

Leibniz-Institut für Angewandte
Geophysik (LIAG)
Tel.: +49 (0) 511 643 3442
E-Mail: josef.weber@leibniz-liag.de

Die Geothermie-Allianz Bayern: Forschung zur Stärkung der Geothermie

Laut Angaben des Bundesverbandes Geothermie sind in Deutschland derzeit 36 tiefe Geothermieprojekte in Betrieb, zwei in Bau und weitere fünf rein der Forschung gewidmet. Darüber hinaus sind an die 30 Projekte in Planung. Von den genannten Projekten sind 26 in Bayern installiert oder in Planung. Dazu gehören 22 Anlagen in Betrieb, zwei in Planung und zwei Forschungsprojekte [1]. *Abbildung 1* zeigt diese Anlagen zusammen mit den Anla-

gen, die nicht der Strom- und/oder Wärmeproduktion dienen, sondern die in balneologischer Nutzung sind. Demnach sind über 90% der thermischen und über 80% der elektrischen Leistung, die in Geothermieanlagen deutschlandweit bereits installiert ist, hier zu finden – eine stolze Quote. Grund genug für die bayerische Staatsregierung, auch die Forschung im Bereich der Tiefengeothermie zu bündeln und nachhaltig finanziell zu

unterstützen. Denn obwohl die Mehrzahl der Geothermieprojekte erfolgreich läuft, gibt es in dieser doch noch relativ jungen Technologie Verbesserungspotenzial in allen operativen Bereichen.

Seit 2016 fördert das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Geothermie-Allianz Bayern“ (GAB), welches von der Munich School of Engineering der Technischen

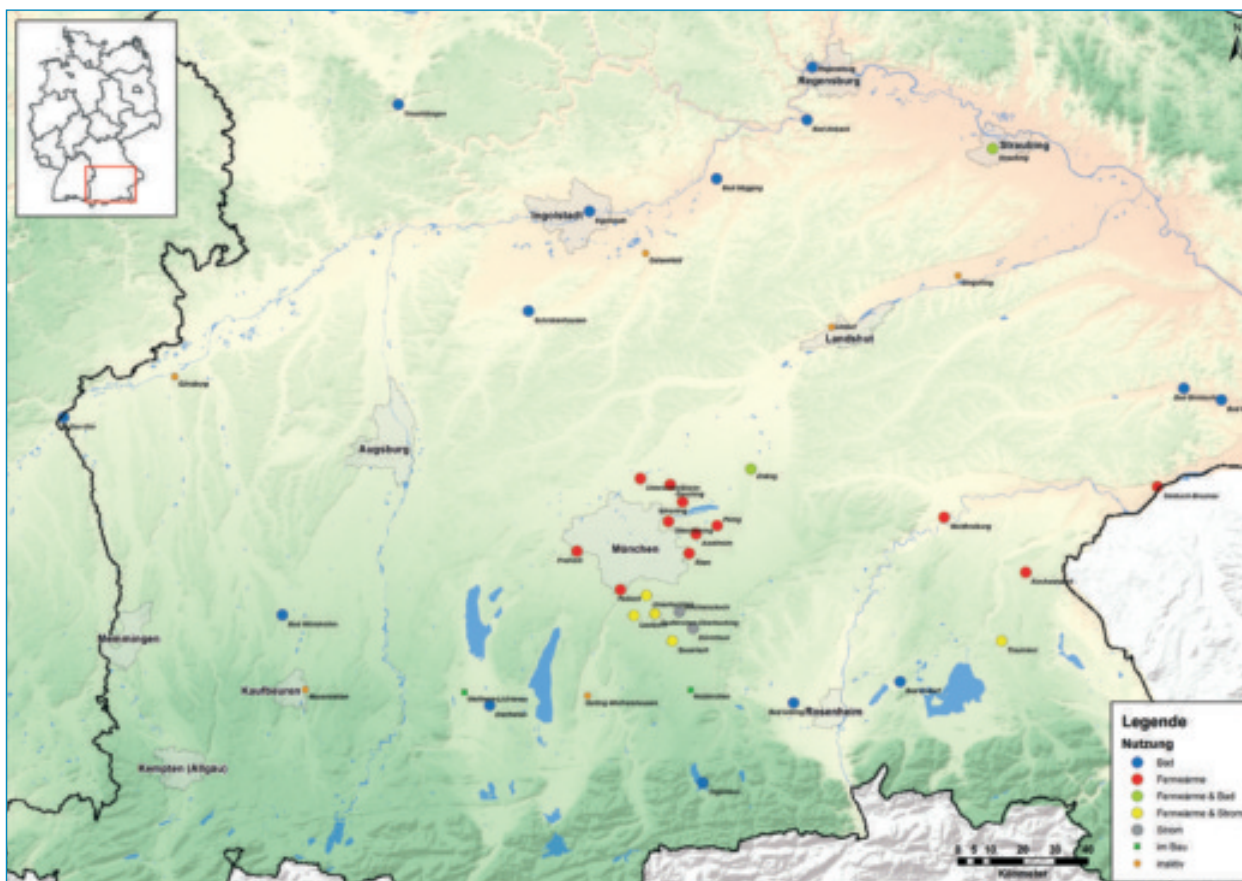


Abb. 1: Tiefengeothermieprojekte in Bayern (Blau: Balneologische Nutzung, Rot: Fernwärme, Grün: Fernwärme & Balneologie, Gelb: Fernwärme & Strom, Grau: Strom). Quelle: Flechtner/TUM. ■

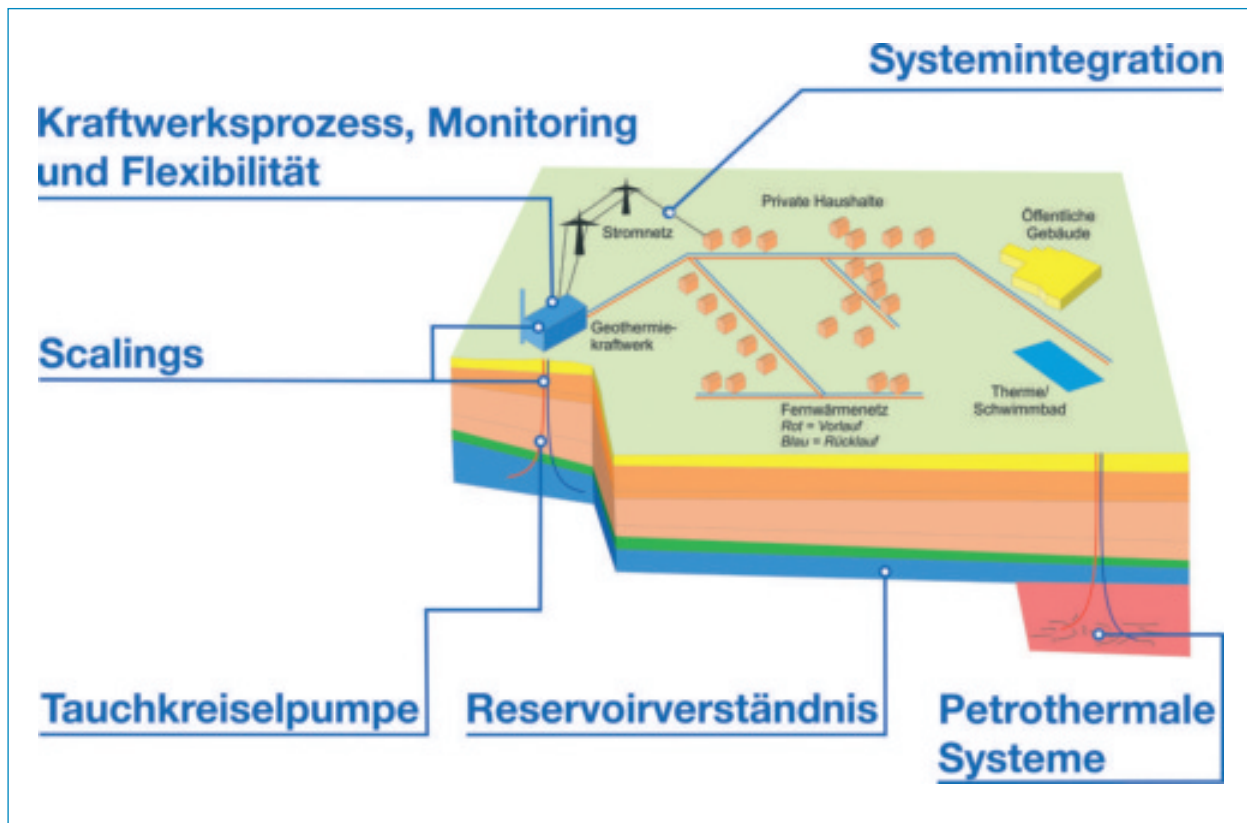


Abb. 2: Forschungsbereiche der Geothermie-Allianz Bayern.
Quelle: Aubele & Flechtner/TUM. ■

Universität München koordiniert wird. Insgesamt arbeiten über 30 wissenschaftliche Mitarbeiter an der TU München, der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und der Universität Bayreuth an vielen Forschungsfragen rund um die Geothermie mit dem Ziel, einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und zur Risikominimierung bei geothermischen Projekten zu leisten. In der Folge soll die Konkurrenzfähigkeit und die Akzeptanz des heimischen Energieträgers Geothermie nachhaltig gesteigert werden.

Eine Besonderheit des Verbundprojektes GAB ist hierbei die Verfolgung eines ganzheitlichen Ansatzes, welcher alle Aspekte der Tiefen-Geothermie von der Reservoir-Erschließung bis hin zu Kraftwerksbetrieb- bzw. Instandhaltung abdeckt. Die Forschungsbereiche sind in *Abbildung 2* zusammenfassend dargestellt und nachfolgend näher beschrieben. ■

Reservoirverständnis

Im Mittelpunkt stehen die Reservoircharakterisierung des tiefen Aquifers aus dem Oberjura, wie er unterhalb der Molassesedimente im süddeutschen Molassebecken zu finden ist, sowie das bisher unerschlossene tiefe geothermische Potenzial Nordbayerns. In Sachen Reservoirverständnis geht es vorrangig um verlässliche Prognosen zu Fündigkeit und Temperatur von Bohrungen und um das Langzeitverhalten des Reservoirs unter Bewirtschaftung. Hier sind gesicherte Aussagen nicht nur für Anlagen im Betrieb, sondern vor allem für Anlagen in Planung von großer Bedeutung. Die hydraulische Bewertung von Störungszonen im Vergleich zur Massenfazies bezüglich der entscheidenden Parameter Permeabilität und Porosität bildet einen wichtigen Schwerpunkt dieser Forschung. Besonders erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang der erstmalige Verbau von Glasfaserkabeln zu For-

schungszwecken in Geothermiebohrungen, um zu einem vertieften Verständnis der Prozesse im hydrothermalen Reservoir zu gelangen.

Über das konstante und tiefe aufgelöste Monitoring mittels Lichtleiter können Temperatur- und Zuflusszonen innerhalb des Aquifers detektiert und Druckwellen aufgezeichnet werden. Letzteres ist insbesondere für das verbesserte Verständnis der Prozesse, die zu seismischen Ereignissen im Zusammenhang mit Tiefengeothermie führen, von allerhöchster Bedeutung. Außerdem werden hier Arbeiten zur genauen Analyse und zum Verständnis der Spannungsverhältnisse im Untergrund durchgeführt, welche vor allem zur Einschätzung des seismischen Risikos beitragen können. In Nordbayern ist eine umfassende seismische Kampagne geplant, die den Forschern helfen soll, den tieferen Untergrund und die vorhandene Wärmeanomalie besser zu verstehen. ■

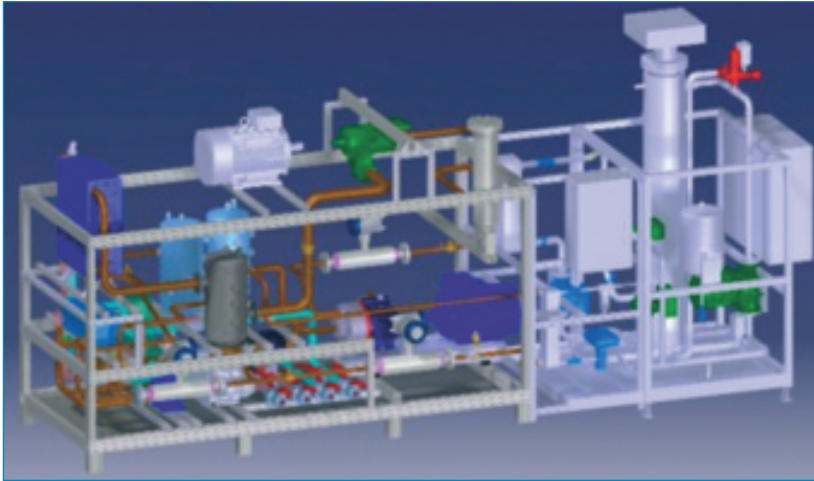


Abb. 3: 20kWel ORC-Anlage. Quelle: Eyerer/TUM. ■

Thermalwasserkreislauf: Scalings und Tauchkreiselpumpe

Bei den Forschungsschwerpunkten mit Bezug zum Thermalwasserkreislauf stehen operative Probleme durch Scalingbildung sowie technische Anforderungen an die Tauchkreiselpumpe im Vordergrund. Viele Anlagen und Pumpen leiden unter hohem Verschleiß aufgrund von Scalingbildung. In der GAB wird an Prognosetools zur optimierten Wartung sowie an dem Verständnis der kinetischen Bildungsbedingungen der Scalings gearbeitet. Ziel ist es, die Scalingbildung über die Konstruktion der Anlagen und eine angepasste Betriebsstrategie zu verringern oder gar zu vermeiden. Hierfür wurden

und werden detaillierte Probenahmeaktionen an den bestehenden Bohrungen, eingehende Thermalwasseranalysen und Modellrechnungen durchgeführt. Darüber hinaus wird ein Ausfallprognosetool für die Tauchkreiselpumpen erarbeitet, welches Wartungsintervalle optimieren und so entscheidend zur Kostenreduktion dieser Anlagenkomponente beitragen soll. Dies erfolgt über die mathematische Modellierung der einzelnen Komponenten der Tauchkreiselpumpe. Darauf aufbauend wird ein geeignetes Regelverfahren für die Pumpen entwickelt [2]. ■

Effiziente und Flexible Kraftwerke

Ein großes Forschungsfeld innerhalb der GAB stellen Effizienzsteigerung

und Flexibilisierung der Kraftwerke mit dem Ziel der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit dar. Die Themen thermodynamische Optimierung und Flexibilisierung der Kraft-Wärme-Kopplung werden dabei experimentell an einer selbst konstruierten 20kWel Organic-Rankine-Cycle (ORC-) Anlage untersucht (Abbildung 3). Ebenfalls experimentell findet die Bewertung von Arbeitsmedien im ORC statt. Daneben wird simulationsgestützt an der Kraftwerks-optimierung gearbeitet. Im Rahmen der Arbeiten entstand außerdem eine Studie zur Abschätzung des geothermischen Potenzials zur Stromerzeugung in Deutschland [3]. ■

Monitoring

Übergeordnetes Ziel der Forschungen ist die Entwicklung und Validierung eines Monitoring-Tools für Geothermieanlagen mit Strom- und Wärmebereitstellung. Über das Monitoring-Tool sollen Anlagenkomponenten und Scalingbildung überwacht werden können. Die genaue Kenntnis der Kraftwerksprozesse soll zu einer erhöhten Anlagenverfügbarkeit und einer Optimierung des Anlagenwirkungsgrades führen. Schlussendlich soll die Forschung zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Anlagen der Tiefengeothermie führen. ■

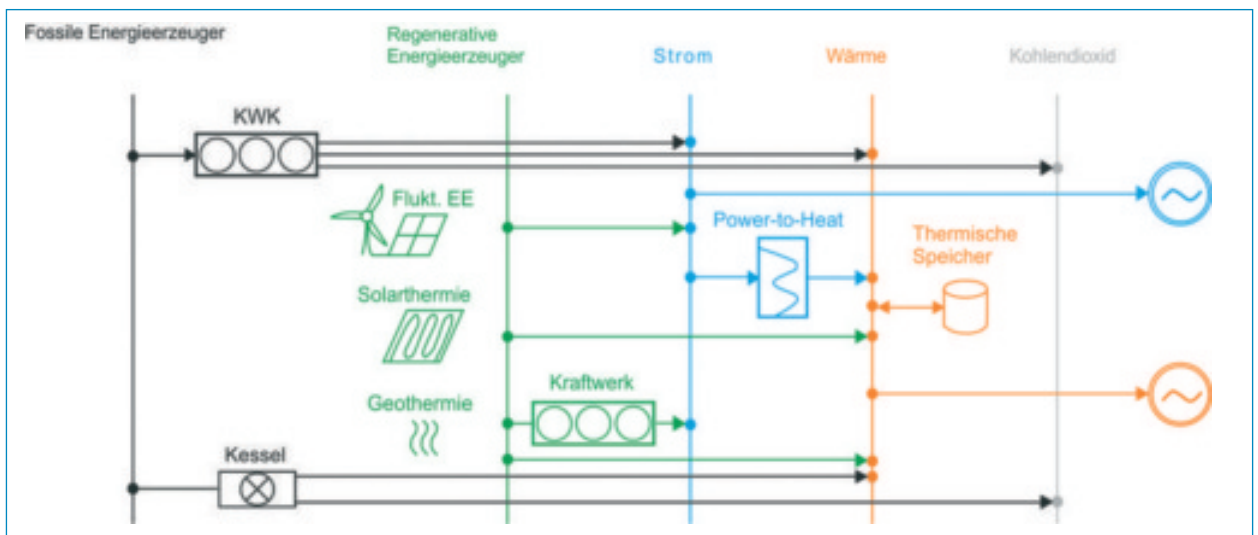


Abb. 4: Stellung der Geothermie im Energiesystem. Über die Kraft-Wärme-Kopplung kann die Geothermie sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung einen Beitrag leisten. Quelle: Aubele/TUM. ■

Geothermie im Netz

Eine Herausforderung bildet derzeit die Integration der geothermischen Energie in das mehr und mehr durch volatile erneuerbare Energien dominierte Energiesystem. Die GAB versucht, Fragen nach Kosten und Potenzialen der Tiefengeothermie zu beantworten und den Beitrag der Tiefengeothermie zur Versorgungssicherheit zu bewerten. Vor allem mit Fokus auf Ballungszentren kann die Tiefengeothermie hier einen entscheidenden Beitrag zur treibhausgasneutralen Strom- und Wärmeversorgung leisten. *Abbildung 4* zeigt die Geothermie im Energiesystem der Zukunft, welches immer unabhängiger von fossilen Energieträgern werden wird. Für all diese Arbeiten greift die GAB auf eine umfangreiche und wachsende Datensammlung zurück, deren Erstellung in Zusammenarbeit mit vielen bayerischen Geothermieranlagenbetreibern erfolgt. Hier findet die Verschränkung zwischen Forschung und Anwendung statt. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit können so direkt umgesetzt werden und zu einer Stärkung der Technologie beitragen. ■

Ausbildung wird groß geschrieben

Auf die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Bereich der Geothermie wird in der GAB besonders großer Wert gelegt. Durch die Einrichtung des Studiengangs Geothermie/Geoenergie, welcher von der FAU und der TUM gemeinsam durchgeführt und durch viele Gastdozenten aus Wirtschaft und Wissenschaft unterstützt wird, wird in der GAB der Grundstein für die kommende Generation an Geothermie-Spezialisten gelegt. Die Studieninhalte des viersemestrigen Masterstudiengangs umfassen moderne Explorationsmethoden, Grundzüge der Reservoirgeologie und -petrologie, Gesteinsmechanik, Tek-

tonik und Spannungsfeldanalyse, Grundlagen der Bohr-, Förder- und Energietechnik, Betriebswirtschaftslehre sowie Berg-/Umweltrecht und Bürgerbeteiligung [4]. ■

Seedfunding

Zur Förderung kleiner abgeschlossener Forschungsprojekte mit Bezug zu den Forschungsthemen der GAB stehen Fördermittel zur Verfügung. Die Förderung ist auf Bayerische Hochschulen beschränkt und wird jährlich in einem Auswahlverfahren ausgeschüttet [5]. ■

Kommunikation, Vernetzung, Information

Neben der Bearbeitung der oben skizzierten Forschungsfragen stellt die GAB eine Kommunikations- und Vernetzungsplattform für alle Stakeholder der Branche dar. So bietet die GAB eine in der Forschungslandschaft beispiellose Kontaktstelle, um Forschungsfragen zu identifizieren und zu bündeln, Wissenschaftler zu vernetzen, dem wissenschaftlichen Nachwuchs im Bereich der Geothermie/Geoenergie ein zu Hause zu bieten, Belange von Betreiberseite ebenso aufzugreifen, wie behördliche Anfragen. Wissenschaftlich fundiert und neutral stellen die Mitarbeiter der GAB Bürgerinformationen bereit und leisten Aufklärungsarbeit rund um das Thema Tiefengeothermie. ■

Literaturangaben:

- [1] Bundesverband Geothermie (2018): www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/wissenswelt/Projektliste_Tiefe_Geothermie_2018.pdf, Abruf am 07.05.2018
- [2] Kullick, J.; Hackl, C. M. (2017): Dynamic Modeling and Simulation of Deep Geothermal Electric Submersible Pumping Systems. *Energies* 10 (10), 1659, doi:10.3390/en10101659
- [3] Eyerer, S.; Wieland, C.; Schiffelechner, C.; Spliethoff, H.

(2017): Hydrothermale Geothermie in Deutschland – Potential zur Stromerzeugung. *Geothermische Energie*, Heft 87, 2017/2, S. 26–27

[4] Homepage der Friedrich-Alexander-Universität (2018): <https://www.gzn.nat.fau.de/studium/im-studium/master-geothermiegeoenergie/>, Abruf am 07.05.2018

[5] Homepage der Geothermie-Allianz Bayern (2018): <https://www.mse.tum.de/gab/forschung/seedfunding/>, Abruf am 07.05.2018 ■

Ansprechpartnerin:



Dr.
Katharina Aubele
Projektleiterin
der Geothermie-
Allianz Bayern

Katharina.aubele@tum.de



Energiewende auf der Überholspur

Die Erdwärme Grünwald setzt ihren Weg des ganzheitlich agierenden Energieversorgers konsequent fort.

Die Erdwärme Grünwald GmbH (EWG), eine 100%ige Tochtergesellschaft der Gemeinde Grünwald, hat in nur sieben Jahren ein Fernwärmenetz von rund 100 km Länge realisiert – inklusive der Hausanschlussleitungen für über 2.000 bereits an die geothermische Fernwärme angeschlossenen Wohn- und Gewerbeeinheiten und der Verbundleitung zur Geothermie Unterhaching. Von diesem Tempo profitieren Grünwalder Wärmekunden, die Umwelt und der ökologische Footprint der Gemeinde.

Umfangreiches Energie-Portfolio

Zudem erzeugt die EWG grünen Strom im eigenen ORC-Kraftwerk, betreibt ein Blockheizkraftwerk zur Eigenstromerzeugung und eine Power-to-Heat-Anlage zum Ausgleich von Spannungsunterschieden im öffentlichen Stromnetz. Ihre Beteiligung an der Geothermie Unterhaching Produktions GmbH & Co KG hat die EWG im Einvernehmen mit der Nachbargemeinde Unterhaching Mitte Dezember 2017 von 50% auf rund 95% erhöht. Außerdem hat die EWG im Februar 2018 in einer gemeinsamen Seismikkampagne mit den Stadtwerken München und der



Die Geothermieanlage der Erdwärme Grünwald in Laufzorn: rechts das Geothermie-Heizwerk, in dem auch das Blockheizkraftwerk zur Eigenstromerzeugung und die Power-to-Heat-Anlage platziert sind, im Vordergrund der Infopavillon, hinten links das ORC-Stromkraftwerk. ■

IEP Innovative Energie Pullach den Boden bereitet für eine Ausweitung der geothermischen Aktivitäten im Münchner Süden sowie im südlichen Landkreis München.

Diese Erfolgsgeschichte basiert auf den zukunftsweisenden Entscheidungen des Grünwalder Gemeinderates und dem kompetenten Einsatz der 12-köpfigen EWG-Mannschaft: mit Andreas Lederle und Stefan Rothörl in der Geschäftsführung, dem von Horst Wagner geleiteten Technikteam für den stabilen Betrieb aller energietechnischen Anlagen sowie dem Vertriebs- und Kundenberatungs-Team. „Bei der

EWG stimmt der Spirit“, sagt EWG-Geschäftsführer Andreas Lederle, „regenerative Energieerzeugung und -verteilung ist ein komplexes Thema. Dies nachhaltig auf hohem Niveau sicherzustellen, ist nur in einem starken Team möglich.“

10 Jahre Erdwärme Grünwald

2018 feiert die EWG ihr zehnjähriges Bestehen. Am 8. Oktober 2008 hatte die Gemeinde Grünwald das vom Unternehmen Astharm GmbH initiierte Geothermie-Projekt in der Nachbargemeinde Oberhaching-Laufzorn zu 100% erworben und im Jahr darauf eine erfolgreiche Dublet-



Die Geothermieranlage der Erdwärme Grünwald in Laufzorn ist harmonisch in die Landschaft eingebettet. Links des Heizwerks und vor dem ORC-Stromkraftwerk ist die Dubletten-Bohrung zu sehen: Produktions- und Reinjektionsbohrung sind jeweils über 4.000 Meter tief; die EWG fördert hier robuste 120 Liter / Sekunde mit einer Temperatur von 127 Grad Celsius. ■

ten-Bohrung auf den Weg gebracht. Die Fündigkeit stand im Juni 2010 fest: bis zu 140 Liter / Sekunde mit einer Temperatur von 127 Grad Celsius. Zwei Monate später begann der Bau des Fernwärmenetzes, im Oktober 2011 floss die erste geothermische Fernwärme, im Struwelpeter Kindergarten in Grünwald. Bereits im Sommer 2012 schloss die EWG auch den Großkunden Bavaria Film an die geothermische Fernwärme an – das weltweit erste Filmstudio, das seine Wärmeversorgung ausschließlich aus Geothermie bezieht.

Seit Ende 2017, nachdem auch der letzte Rohrmeter des Grünwalder Fernwärmenetzes verlegt wurde, hat jetzt außer den Ortsteilen Wörnbrunn, Oberdill und Gasteig jeder Haushalt in Grünwald die Chance, sich an die geothermische Fernwärme anzuschließen. Natürlich besteht kein Anschlusszwang – so wächst das Fernwärmenetz sukzessive auf, Stand Mai 2018, rund 1.100 Grünwalder Wärmevertragskunden mit insgesamt über 2.000 angeschlossenen Wohn- und Gewerbeeinheiten: darunter Privatkunden, Unternehmen, die Grünwalder Baugenossenschaft sowie alle kommunalen Liegenschaften wie Rathaus, Schulen, Kindergärten, der Freizeitpark und das Haus der Begegnung.

Versorgungssicherheit an erster Stelle

Oberstes Ziel der Erdwärme Grünwald ist die Versorgungssicherheit in Grünwald – und damit der dauerhaft stabile und robuste Betrieb der energietechnischen Anlagen in Laufzorn. Dies betrifft sowohl die Erzeugung von Wärme im Geothermie-Heizwerk als auch die Produktion grünen Stroms im ORC-Stromkraftwerk.

Die EWG setzt daher auf den Dauerbetrieb in allen Anlagenteilen – und dies zu jeder Tages- und Jahreszeit. Denn dieser Dauerbetrieb im optimalen Betriebsfenster mit durchgehend 120 Litern / Sekunde bedeutet die geringstmögliche Belastung der Anlagenteile z.B. durch thermische Schwankungen. So produziert die EWG grünen Strom auch im Winter, nur eben deutlich weniger als im Sommer, und produziert grünen Strom auch zu Lastspitzen des Fernwärmenetzes zum Beispiel in der früh, nur eben deutlich weniger als im Tagesverlauf.

Natürlich hat die Wärmeversorgung Vorrang – produziert wird also immer nur so viel grüner Strom, wie die Wärmeversorgung zulässt. Was also danach noch an thermischer Energie vorhanden ist, geht im ORC-Stromkraftwerk in die Stromproduktion – und zwar automatisch. Denn die Anlagensteuerung in Laufzorn ist so

konzipiert, dass Fernwärme- und Stromproduktion immer exakt aufeinander abgestimmt sind, in Abhängigkeit von der Tages- und Jahreszeit.

Die energietechnischen Anlagen in Laufzorn ...

...umfassen verschiedenste Module: Produktions- und Injektionsbohrung, jeweils über 4.000 m lang, die Tiefenpumpe in rund 780 Meter Tiefe, den Frequenzumrichter von ABB, das Geothermie-Heizwerk mit Reserve- und Spitzenlastkesseln, das BHKW zur Eigenstromerzeugung, das ORC-Stromkraftwerk, das grünen Strom erzeugt und ins allgemeine Stromnetz einspeist, sowie die Power-to-Heat-Anlage, die überschüssigen Strom aus dem Netz nimmt und dadurch zur Stabilität des Stromnetzes beiträgt.

„Die Gesamtanlage ist mit einem Orchester vergleichbar“, sagt EWG-Geschäftsführer Andreas Lederle, „jedes Instrument gibt sein Bestes, daher stimmt auch – um im Bild zu bleiben – der Klang. Unser Team um den Technischen Leiter Horst Wagner macht hier einen herausragenden Job; ihm ist es gelungen, alle Module in Laufzorn so aufeinander abzustimmen, dass diese robust und verlässlich arbeiten. So stellen wir durch ein professionelles Betriebsmanagement die bestmögliche Verfügbarkeit der technischen Anlagen sicher. Dies garantiert dauerhaft die Versorgungssicherheit in Grünwald.“ So lief die erste EWG-Tiefenpumpe 30 Monate im Dauerbetrieb, die zweite, Stand Redaktionsschluss Mai 2018, bereits wieder 25 Monate.

Kooperation mit der Wissenschaft

Weil sich die Energiewirtschaft schnell weiterentwickelt, entwickeln sich auch die technischen Möglichkeiten und die gesetzli-

chen Anforderungen. Dem trägt die EWG u.a. durch eine enge Kooperation mit der Wissenschaft Rechnung. So arbeitet die EWG eng mit der „Geothermie-Allianz Bayern“ zusammen, einem interdisziplinären Forschungsvorhaben von TU München, Universität Erlangen-Nürnberg und Universität Bayreuth zu Aspekten der Tiefengeothermie. EWG-Geschäftsführer Andreas Lederle arbeitet zudem im Beirat eines Projekts des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Tiefengeothermie mit. „Wir sind in vorderster Linie mit dabei, um frühzeitig den sich stetig wandelnden Anforderungen begegnen zu können“, sagt Andreas Lederle, „großen Wert legen wir dabei auf die Weiterentwicklung unserer Systeme, Stichwort Digitalisierung, und auf erlebbaren Nutzen für unsere Kunden. So bleiben wir den vielfältigen Anforderungen, die an uns als Energieversorgungs-Unternehmen gestellt werden, nachhaltig gewachsen.“ Die EWG führt kontinuierlich den Dialog mit Grünwalder Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen, Verbänden und Organisationen sowie mit in- und ausländischen Delegationen u.a. aus Schulen, Hochschulen und der Ener-



Treffpunkt für Energieexperten, Schüler und Studenten, interessierte Bürger und Delegationen aus der ganzen Welt – der Infopavillon der Erdwärme Grünwald in Laufzorn. Copyright Sascha Klettsch ■

giewirtschaft. Gast bei der EWG waren bereits Delegationen u.a. aus Irland, Belgien, Italien, Finnland, der Ukraine, Weißrussland und der Schweiz, aus Indonesien, China, Japan und Mittelamerika. Sie alle verbindet das Interesse an einer Geothermie-Anlage, die zeigt, wie professionell ein kommunales Energieversorgungsunternehmen die regenerative Energie der Erde nutzen kann. „Die Nutzung geothermischer Energie ist weltweit ein Top-Thema“, sagt Erdwärme Grünwald-Geschäftsführer Andreas Lederle, „uns freut es sehr, dass die globale Geothermie-Branche von der EWG lernen will. Wir haben uns durch unser vorausschauendes Gesamtkonzept und den

dauerhaft stabilen Anlagenbetrieb den Ruf eines Vorzeigeunternehmens erarbeitet. Gerne teilen wir unsere Erfahrungen.“

Grünwalds Antwort auf den Klimawandel

Mit der Nutzung der Geothermiequelle Laufzorn nimmt die Erdwärme Grünwald die Energiewende in die eigenen Hände und gibt eine klare Antwort auf den Klimawandel. Grünwald hat die Bürgerinnen und Bürger dabei frühzeitig auf den Weg der Energiewende mitgenommen. Die Akzeptanz für die Geothermie in Grünwald ist hoch.

Beteiligung an der Geothermie Unterhaching →



Anlässlich der „European Geothermal PhD Days“ an der renommierten ETH Zürich besuchten rund 50 angehende Geothermie-Doktoranden aus der ganzen Welt die Erdwärme Grünwald. ■

Autor:



Andreas Lederle
Sprecher der
Geschäftsführung

Erdwärme Grünwald GmbH

Tölzer Straße 19, 82031 Grünwald

Telefon: 089 / 620 30 85 16

Telefax: 089 / 620 30 85 20

E-Mail:

andreas.lederle@erdwaerme-gruenwald.de

„Die Energiewende endet nicht an Gemeindegrenzen“

Ihre Beteiligung an der Geothermie Unterhaching Produktions GmbH & Co KG hat die EWG im Einvernehmen mit Unterhaching Mitte Dezember 2017 von 50% auf rund 95% erhöht.

Seit 1. Januar 2014 war die Erdwärme Grünwald GmbH (EWG) zu 50% an der Geothermie Unterhaching Produktions-GmbH & Co. KG (GUHP) beteiligt; die anderen 50% waren im Eigentum der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG (GUH). Der Wärmeverbund der beiden Gemeinden begann bereits im Frühjahr 2013 – zum gemeinsamen Nutzen. Denn seitdem können die beiden Geothermie-Gesellschaften ihren Wärmebedarf bei Wartungsarbeiten an der Tiefenpumpe oder am Heizwerk aus geothermisch erzeugter Energie des Partners decken. Das spart teures Heizöl und schon die Umwelt. Zudem nutzt die EWG geothermische Energie aus Unterhaching auch für ihre Wärmeversorgung oder die Verstromung im ORC-Kraftwerk Laufzorn.

Mitte Dezember 2017 haben EWG und GUHP ihre Beteiligungsverhältnisse neu geregelt: Seitdem gehören der Erdwärme Grünwald GmbH 94,96% der Geothermie Unterhaching Produktions-GmbH & Co. KG. Parallel wurde entschieden, das Kalina-Stromkraftwerk in Unterhaching endgültig abzuschalten.

„Der seit April 2013 bestehende geothermische Wärmeverbund zwischen Geothermie Unterhaching Produktions-GmbH & Co.KG und Erdwärme Grünwald hat sich bewährt“, sind sich Unterhachings 1. Bürgermeister Wolfgang Panzer und Grünwalds 1. Bürgermeister Jan Neusiedl einig, „denn wir geben uns bei Wartungsarbeiten gegenseitig redundante Redundanz. Zudem kann geothermische Energie aus Unterhaching auch von der EWG genutzt werden. Mit den neuen Beteiligungsverhältnissen seit Mitte Dezember 2017 haben wir



Das Team für ein starkes, solides Fundament der Geothermie Unterhaching Produktions-GmbH & Co.KG: v.r. Andreas Lederle, Geschäftsführer der Erdwärme Grünwald und der Geothermie Unterhaching Produktions-GmbH & Co.KG, Grünwalds 1. Bürgermeister Jan Neusiedl, Unterhachings 1. Bürgermeister Wolfgang Panzer und Wolfgang Geisinger, Geschäftsführer der Geothermie Unterhaching Produktions-GmbH & Co.KG und der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG. ■

die Geothermie Unterhaching Produktions-GmbH & Co.KG auf ein starkes, solides Fundament gestellt. Dies sichert die Zukunftsfähigkeit der Geothermie und ist ein weiterer großer Schritt hin zu einer klimaschonenden Wärmeversorgung in beiden Gemeinden.“

„Die Energiewende endet nicht an Gemeindegrenzen“, sagt Grünwalds 1. Bürgermeister Jan Neusiedl, „und das Wertvolle, die Energie-Ressource unter unseren Füßen, erst recht nicht. Diese geothermische Wärmeenergie gilt es gemeinsam zu fördern. Als Kommunen Grünwald und Unterhaching denken wir beide langfristig. Von der interkommunalen Zusammenarbeit profitieren beide Gemeinden. Für uns steht die Versorgungssicherheit unserer Bürgerinnen und Bürger an erster Stelle – und die erhöht sich dadurch, dass sich die Gemeinden vernetzen. Wir verstehen den Ausbau des Fernwärmenetzes dabei als langfristiges Infrastrukturprojekt.“

Versorgungssicherheit im Fernwärmenetz Unterhaching

Grundlage der Versorgungssicherheit im Fernwärmenetz Unterhaching ist und bleibt der im Dezember 2013 zwischen der GUHP und der für das Netz verantwortlichen Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG (GUH) bestehende Wärmeliefervertrag mit einer Laufzeit von vorerst 30 Jahren; er gilt unverändert fort.

Die Geothermie Unterhaching versorgt bereits mehr als 50% der Unterhachinger Haushalte und Betriebe mit geothermischer Fernwärme. Im Jahr 2018 wird die Marke von 14.000 Einwohnern übersprungen, die aus Tiefengeothermie versorgt werden. „Damit betreiben wir das größte geothermische Fernwärmenetz Deutschlands“, so Wolfgang Geisinger, Geschäftsführer der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG.

Betrieb, Unterhalt und Wartung des Wärmeverbunds von Laufzorn nach Unterhaching erfolgen von Seiten des EWG-Teams um Horst Wagner.



Geothermie und Vergaberecht im Jahr 2018

Kommunale Energieversorger sind nach den Vorschriften des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) öffentliche Auftraggeber und als solche verpflichtet, die Vorschriften des aktuellen Vergaberechts zu beachten. Diese finden sich für Aufträge im Zusammenhang mit Tätigkeiten auf dem Gebiet der Energieversorgung in der Sektorenverordnung (SektVO).

Ab einem Schwellenwert von aktuell 443.000,00 EUR sind z.B. Liefer- und Dienstleistungen von den Sektorenauftraggebern regelmäßig europaweit auszuschreiben. Dabei führen v.a. mit Bedacht gewählte Eignungs- und Bewertungskriterien zu wirtschaftlichen und rechtssicheren Ergebnissen, die zugleich haushaltsrechtliche und ggf. förderrechtliche Anforderungen erfüllen.

Demgegenüber kann die Missachtung des Vergaberechts z.B. durch eine Auftragsvergabe ohne Ausschreibung oder im falschen Verfahren neben der Nichtigkeit des betroffenen Vertrages insbesondere erhebliche Schadensersatzansprüche benachteiligter Wettbewerber zur Folge haben.

*Hans Neumeier
Rechtsanwalt und Fachanwalt
für Verwaltungsrecht
BEITEN BURKHARDT
Rechtsanwaltsgesellschaft mbH
Ganghoferstr. 33
80339 München
Tel.: +49-89-35065-1451
mailto:
HansGeorg.Neumeier@bblaw.com
<http://www.beitenburkhardt.com>*



Bay. Logistik Umwelt & Entsorgungs Systeme GmbH

Ökologische Entsorgung rund um den Bohrplatz

Als zertifizierter Entsorgungsfachbetrieb verfügen wir über jahrelange Erfahrung um für unseren Kunden ein optimiertes Entsorgungsmanagement zu gewährleisten.



In enger Abstimmung mit den Serviceunternehmen vor Ort sind wir zuständig für die Verwertung von Bohrspülungen, Bohrcuttings und Zementationsschlämme.

Darüber hinaus werden anfallende Reinigungsarbeiten ebenso übernommen wie die abschließende abfallrechtliche Dokumentation. ■



*BLUES Bay. Logistik Umwelt &
Entsorgungs Systeme GmbH*

*E-Mail: info@bluesanlagen.de
Internet: www.bluesanlagen.de
Telefon: +49 (0) 89 1433232-0
Fax: +49 (0) 89 1433232-21*



Die Lausitz übergibt an Bayern

Die YADOS GmbH gilt seit 2011 als zuverlässiger Partner der „Erdwärme Grünwald“. Hierfür setzte sich das wachsende, mittelständische Unternehmen aus der Lausitz mit seinem hohen Qualitätsanspruch gegen namhafte Unternehmen aus ganz Europa durch. Mehr als 550 Wärmekompaaktstationen versorgen nunmehr eine der exklusivsten Wohngegenden Deutschlands mit Fernwärme. Die hocheffizienten Wärmeübergabestationen YADO|GIRO und YADO|PRO übertragen hierbei die vom Tiefenwasser an das Wasser im Fernwärmenetz abgegebene Wärme von insgesamt 20 MW an die gesamte Gemeinde Unterhaching. Doch damit nicht genug: Das gesamte Wärmenetz wird außerdem durch die innovative Netzleittechnik YADO|LINK des Unternehmens gesteuert.

Auch die Bavaria Film GmbH setzt auf die kompetenten Kompaktlösungen aus der Lausitz. Die hier verbaute YADOS-Übergabestation versorgt eines der größten Filmstudios Deutschlands mit einer Anschlussleistung von 10 MW. Dies entspricht dem Wärmebedarf einer Kleinstadt. ■

YADOS GmbH

*Yados-Straße 1
02977 Hoyerswerda
phone: +49 3571 20932-0
fax: +49 3571 20932-999
e-mail: info@yados.de
www.yados.de*

igm^{PLAN}

Ihr kompetenter Partner
für

GENERALPLANUNG

- Thermalwasserkreislauf Obertageanlage
- Fernwärmeauskopplung
- Fernwärmenetz
- Hausübergabestationen
- Reserveheizwerk mit Spitzenlastkessel
- BHKW-Anlagen
- Inbetriebnahmen



Zur Wärmeversorgung und Stromerzeugung übernahm die IGMPLAN für die Erdwärme Grünwald und die Geothermie Unterhaching die Gesamtplanung Obertageanlage, Thermalwassertrasse, Spitzenlast- und Reserveheizwerk sowie BHKW-Anlage.

In den Gemeinden Unterhaching und Kirchweidach betreuen wir im Rahmen der Geothermie maßgeblich die Planung und Inbetriebnahme der Fernwärmenetze.

IGMPLAN GmbH
Planungsgesellschaft für
Energie- und Umwelttechnik
Ein Unternehmen in der



Jens Kötting
Tel +49 / (0)89 / 724 68 61-0
E-Mail: info@igmplan.de
www.igmplan.de

Josef Weiß Elektrotechnik GmbH & Co. KG – Ihr Partner für Geothermie



Elektrotechnische Lösungen sind eine Grundvoraussetzung zur Nutzung der geothermischen Energie.

Die Josef Weiß Elektrotechnik GmbH & Co. KG ist spezialisiert auf:

- Elektromontagen
- Industrieanlagen
- Mittel- und Niederspannungsanlagen
- Automatisierungstechnik
- Gebäudeautomation

Wir bieten technische Lösungen bei Erstellung, Betrieb und Wartung der Anlagen. Den Service 24/7 bieten wir selbstverständlich an und gewährleisten eine leistungsfähige und sichere Funktion der Geothermieförderanlagen.

Als Partner für eine umweltfreundliche und zukunftsweisende Energieversorgung setzen wir dafür unsere Kompetenz und Erfahrung ein.

Neugierig? Interessiert?

Mehr unter www.et-weiss.de



Video ansehen

Josef Weiß Elektrotechnik GmbH & Co. KG
Ringstraße 10 · 94551 Hunding
Telefon 09904.811068-0
info@et-weiss.de
www.et-weiss.de



Schaltanlagenbau bei der Josef Weiß Elektrotechnik

www.et-weiss.de

Münchens Vision: Fernwärme aus regenerativen Energien

Bis 2040 soll München die erste deutsche Großstadt werden, in der Fernwärme zu 100 Prozent aus Erneuerbaren Energien gewonnen wird. Um diese Vision zu realisieren, setzen die Stadtwerke München (SWM) in erster Linie auf die weitere Erschließung der Erdwärme.

München und das südliche Umland sind dank ihrer günstigen Lage im bayerischen Molassebecken privilegiert für die Nutzung der hydrothermalen Geothermie. Hier sind die Voraussetzungen so gut wie in nahezu keiner anderen Region Deutschlands: Unter der Erdoberfläche befindet sich in einer Tiefe von 2.000 bis 3.000 Metern ein riesiger Vorrat an umweltfreundlicher Energie – ein Heißwasservorkommen mit Temperaturen von 80 bis über 140 Grad Celsius. Die Wärme dieses Thermalwassers lässt sich optimal zum Heizen nutzen, bei hoher Temperatur auch zur Stromgewinnung. Die Stadtwerke München setzen bei der Energieversorgung seit jeher auf höchste Effizienz und Ressourcenschonung. Über ein Viertel des Wärmebedarfs von München wird über umweltschonende Fernwärme gedeckt. Das Münchner Fernwärmenetz zählt mit rund 800 Kilometern Länge zu einem der größten Europas. Die SWM treiben den Ausbau der Fernwärme weiter massiv voran. In den nächsten Jahren ist ein Ausbauprogramm mit einem Neuanschlusswert in einer dreistelligen Megawattöhe geplant. Aber die SWM gehen einen Schritt weiter und wollen die ohnehin schon sehr gute Klima- und Ressourcenbilanz der Fernwärme noch einmal erheblich



Geothermianlage Sauerlach der SWM ■

verbessern. Die Vision der SWM ist, München bis 2040 zur ersten deutschen Großstadt zu machen, in der Fernwärme zu 100 Prozent aus regenerativen Energien gespeist wird. Um diese ambitionierte Vision umzusetzen, setzen die SWM in den nächsten Jahrzehnten in erster Linie auf die weitere Erschließung der Erdwärme. Dieser Geothermieschatz wird den wesentlichen Beitrag leisten. Nachdem sie vollständig erschlossen ist, könnte auch auf die beiden „grünen Brennstoffe“ Biogas bzw. in einem letzten Schritt auch Windgas zurückgegriffen werden – abhängig von der technischen Entwicklung und Verfügbarkeit. Einen weiteren Beitrag kann der

erneuerbare (biogene) Anteil im Restmüll liefern.

Bei der Vision kommt den SWM zugute, dass der Energiebedarf zu Heizzwecken langfristig nach und nach zurückgehen wird, während der Warmwasserbedarf relativ konstant bleiben wird. Der Grund dafür sind Energieeinsparungen und Energieeffizienzmaßnahmen wie die Sanierung von Gebäuden. Damit erhöht sich in den nächsten Jahrzehnten der Anteil der einsetzbaren Geothermie an der Gesamtnachfrage.

Die SWM sind einer der führenden deutschen Experten für Fernwärme und Tiefengeothermie und verfügen über eine jahrelange Erfahrung.

Eine besondere Vorreiterrolle haben die SWM mit dem Geothermie-Pilotprojekt Riem übernommen. Dort wurde bereits ab 1994 für einen neu entstehenden Stadtteil mit der Planung der Geothermie begonnen; fünf Jahre vor der Inbetriebnahme der ersten Geothermie-Anlage in Bayern. Seit 2004 versorgt die Anlage die Messestadt Riem mit ihren ca. 16.000 Einwohnern zuverlässig mit ökologischer Fernwärme. Seit 2012 wird auch die Messe München in Riem als erste Messe weltweit mit Geothermie versorgt. In Sauerlach begannen die SWM 2007 mit der Realisierung ihres ersten Geothermie-Heizkraftwerks. Die Anlage produziert 5 MW Strom und 4 MW Fernwärme für das lokale Netz in Sauerlach. Die Geothermie Freiham wurde 2016 in Betrieb genommen und deckt die Grundlast des Wärmebedarfs des neuentstehenden Stadtteils Freiham sowie benachbarter Gebiete im Münchner Westen ab. Ferner haben die SWM in 2016 die Geothermieheizkraftwerke Kirchstockach und Dürrenhaar erworben, die in ähnlicher Größenordnung wie Sauerlach ökologisch Strom und Wärme produzieren. Am Heizkraftwerk Süd in Thalkirchen entsteht nicht nur die stärkste Geothermieanlage Münchens: Sie wird die bislang größte Geothermieanlage Deutschlands. Mit einer Leistung von 50 Megawatt soll sie



Geothermiebohrung beim Heizkraftwerk Süd der SWM ■



Geothermieanlage und Heizwerk Freiham der SWM ■

ab dem Jahr 2020 Ökowärme für 80.000 Münchnerinnen und Münchner liefern. Die Arbeiten an den sechs Bohrlöchern haben im April 2018 begonnen. Für die neue Geothermieanlage werden von einem Bohrplatz aus insgesamt sechs Bohrungen sternförmig in eine Tiefe von 2.800 bis 3.100 Metern abgeteuft. Die Besonderheit bei der Anlage in der Schäfflarnstraße ist, dass die SWM zum ersten Mal mitten in München bohren. Die sechs Bohrungen werden mit einer emissionsoptimierten Tiefbohranlagen und einem auf die örtlichen Gegebenheiten angepassten Lärmvermeidungskonzept ausgeführt. Die Geothermiebohrungen für die SWM haben insbesondere aufgrund des Umfangs im innerstädtischen Bereich Leuchtturmcharakter für die Nutzung der Geothermie als erneuerbare Energiequelle in Deutschland und Europa.

Bis Ende 2019 sollen die Bohrarbeiten abgeschlossen sein. Dann wird die Heizzentrale errichtet, in der die Technik untergebracht wird. Im Anschluss beginnen Langzeitpumpversuche und die Feinjustierung der Anlage. Im Jahr 2020 soll sie dann endgültig ans Netz gehen. Die SWM bieten ihr in zahlreichen Projekten gewonnenes Know-How auch als Dienstleistung an. Das reicht von der Beratung im frühen Stadium eines Projekts bis hin

zur Unterstützung bei Planung, Realisierung, Inbetriebnahme sowie Betriebsführung. Hierzu gehört die Fernüberwachung, regelmäßige Begleitung, Entstörung und Instandhaltung der Erzeugungsanlage bei kontinuierlicher technischer Optimierung. Als spezielle Dienstleistung haben die SWM auch den Ein- und Ausbau von Thermalwasserpumpen im Angebot.

Entwicklung einer innovativen Workoveranlage zum sicheren und effizienten Workover auf Geothermiebohrungen

Um Wartungsarbeiten an Thermalwasserpumpen ausführen zu können, müssen diese zusammen mit den Förderrohren aus dem Bohrloch ausgebaut und an die Oberfläche befördert werden. Diese Tätigkeit ist technisch aufwändig, kosten- und zeitintensiv. Um diesen sogenannten „Workover“ an Tiefpumpen in Zukunft sicherer und effizienter ausführen zu können, wurde zusammen mit der Firma MAX STREICHER eine Anlagenneuentwicklung angestoßen. In einem Forschungsvorhaben, welches durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (EBIMA – FKZ 0324072B) gefördert wird, soll den speziellen Herausforderungen der Tiefengeothermie begegnet werden.

Der Unternehmensbereich Bohrtechnik der Firma MAX STREI-



Workoveranlage für Geothermiebohrungen von der Fa. STREICHER ■

CHER ist spezialisiert auf die Entwicklung und den Bau von kundenspezifischen Bohr- und Workoveranlagen für den Geothermie- und Energiesektor. Die STREICHER Bohrtechnik ist bekannt als leistungsfähiger und flexibler Partner zur Realisierung von weltweiten Bohranlagenprojekten, angefangen von mobilen Workoveranlagen der 60 t-Klasse bis hin zu Offshore-Bohranlagen mit 400 t Hakenlast.

Das Anforderungsprofil für eine Workoveranlage für Geothermieprojekte ist hauptsächlich gekennzeichnet durch einen hohen Mobilitätsgedanken, um kurze Reaktions- und Aufbauzeiten zu gewährleisten und einen hohen Automatisierungsgrad, um effizient und vor allem sicher zu arbeiten.

Das Besondere an Workoverarbeiten in der Tiefengeothermie ist die Kombination aus relativ geringer Hakenlast im Vergleich zu der Baugröße der Tiefpumpenkomponenten und der Förderrohre. Diese ungewöhnliche Kombination ergibt sich durch die hohen Volumenströme und der entsprechend großen

Baugröße der Thermalpumpen, welche in der Geothermie benötigt werden und der relativ geringen Absetztiefe dieser Pumpen von ca. 500 – 1000 m.

Daraus ergibt sich die Herausforderung, eine sogleich mobile als auch leichte Workoveranlage zu konzipieren, welche große bzw. schwere Förderstrangkomponenten handhaben kann.

Das resultierende Anlagenkonzept basiert, aus Gründen der Mobilität, auf einem eigens dafür entwickelten Sattelaufleger in dem der Mast, der Hebwerksschlitten zum Ziehen der Förderrohre, der Absetztisch, die Verschraubeinheit und das Gestängehandlingsystem integriert sind. Somit sind alle Kernkomponenten der Workoveranlage auf einer Transporteinheit vereint. Die Energieversorgung erfolgt über ein dieselhydraulisches Antriebsaggregat, um die Anlage unabhängig von den Platzgegebenheiten betreiben zu können.

Die hohen Mobilitätsanforderungen und das enge Zeitfenster zum Aufbau der Anlage erfordern einige Innovationen wie z.B. der klappbare

und selbsterrichtende Zahnstangenmast. Das bewährte Zahnstangen-Ritzel-Hubsystem ermöglicht aufgrund der großen Positioniergenauigkeit einen hohen Automatisierungsgrad. Zusammen mit dem darauf abgestimmten Gestängehandlingsystem, welches automatisch Förderrohre vom Rohrlager in den Mast fördert bietet die Anlage ein hohes Maß an Arbeitssicherheit und sorgt für einen schnellen und effizienten Förderrohr Ein- und Ausbau. Ein weiterer Schwerpunkt der Entwicklung ist die Umsetzung der Anforderung nach einer unkomplizierten Handhabung der Versorgungskabel für die ESP-Tiefpumpen. Als Lösung wurden verschiedene Elemente zur Kabelführung und ein Kran an der Mastspitze konzipiert, welche zusammen mit dem Steuerungssystem das simultane Einführen der Kabel mit der Bewegung des Förderstrangs ermöglichen sollen.

Als zukünftiger Betreiber dieser Anlage ist es den Stadtwerken München möglich, sichere und wirtschaftliche Workoverarbeiten an den eigenen Tiefbohrungen durchzuführen und diesen Service auch für externe Kunden anzubieten.

Autoren:



Joachim Lewalter
Leiter Fachplanung
dez. Energieerzeugung
und erneuerbare
Energien



**Dipl.-Ing.
Stefan Birle**
Leiter Betrieb
dezentrale
Energieerzeugung

SWM Services GmbH

Emmy-Noether-Str. 2
80287 München
Tel.: 089/2361-9213
Fax.: 089/2361-709213
E-Mail: birle.stefan@swm.de
www.swm.de



Tiefe Geothermie und Seismizität – in Fallbeispiel aus der bayerischen Molasse

Die bayerische Molasse gilt als eine der attraktivsten Regionen für den Betrieb geothermischer Kraftwerke in Deutschland. Gründe für diese überaus positive Einschätzung sind vor allem im tief liegenden Warmwasseraquifer im oberen Jura zu finden. Dieser muss nicht erst durch Druckstimulationsmaßnahmen bearbeitet werden und weist zudem, bedingt durch seine Tiefenlage, hinreichend hohe Thermalwassertemperaturen auf. Ein weiterer positiver Aspekt für den sicheren Betrieb einer Anlage in der bayerischen Molasse ist das scheinbar komplette Fehlen von natürlicher Seismizität.

Dieses Fehlen an natürlicher Seismizität veranlasste die zuständigen offiziellen Genehmigungsbehörden zunächst den Betrieb der Anlagen an keine weiteren Auflagen bezüglich der seismischen Überwachung zu knüpfen, wie es unter anderem bei "Enhanced Geothermal System" Anlagen üblich ist, die im Rahmen von Druckstimulationsmaßnahmen bewusst Mikrorisse erzeugen. Auch eine Risikoabschätzung wurde trotz der relativ dichten Besiedlung nicht vorgesehen. Die erste aufkommende spürbare Seismizität an einem der Geothermiestandorte im Süden von München traf deshalb den Betreiber, die Behörden und die Öffentlichkeit völlig unvorbereitet. Es folgte

eine zum Teil hitzig geführte Debatte ob die Geothermie oder natürliche Tektonik zum Aufkommen der beobachteten Seismizität führen würde.

Um mehr wissenschaftliche Erkenntnisse in diese Diskussion einzubringen und um auf zukünftige seismische Ereignisse besser vorbereitet zu sein, wurde mit Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt und in Folge des Bundesministeriums für Wirtschaft ausgehend vom Jahr 2009 die Seismizität im Umfeld von tiefen Geothermieranlagen im Süden von München vom Department für Geo- & Umweltwissenschaften der LMU München wissenschaftlich untersucht (Projekte MAGS & MAGS2; Megies und Wassermann, 2014a/b; Megies und Wassermann, 2017). Im Verlauf dieser seismologischen Untersuchungen, die sich zu Beginn fast ausschließlich auf die damals alleinig auffällige Geothermieranlage Unterhaching konzentrierte, konnte die eindeutige räumliche Zuordnung der Seismizität zu einer von der Re-Injektionsbohrung durchteuften Störungszone nachgewiesen werden. Die dabei mutmaßlich reaktivierte Störung zeichnet sich durch einen hohen vertikalen Versatz von mehr als 200m und mit 45° Streichen zur momentan vorherrschenden Hauptspannungsrichtung hohes Maß an Aktivierungs-

potential aus (Wolfgramm et al., 2007; Lüschen et al., 2011; Reinecker et al., 2010).

Insgesamt sind seit der Installation eines geeigneten Messnetzes etwa 700 Erdbeben im unmittelbaren Umfeld der Unterhachinger Re-Injektionsbohrung GT2 verortet worden (Abb. 1; Megies und Wassermann, 2017). Einzig das Fehlen von detaillierter S-Wellen-Geschwindigkeitsinformation lässt keine genaue Tiefenortung dieses Erdbebenclusters zu. Zur Zeit wird davon ausgegangen, dass nicht der erbohrte Aquifer sondern das unmittelbar darunter liegende Grundgebirge bis in eine Tiefe von ca. 500m unter dem Horizont des oberen Jura für die induzierte Seismizität verantwortlich ist. Im Verlauf der nahezu 10 Jahre an seismischer Überwachung dieser Geothermieranlage konnte eine Abnahme vor allem der Stärke der Ereignisse beobachtet werden. Fünf von sechs Erdbeben, die der Geothermie Unterhaching zugeordnet werden und eine Magnitude M_L 2 überschritten haben, traten in den ersten drei Jahren nach der Aufnahme des Betriebs der UH auf. Ein weiteres Ziel der wissenschaftlichen Begleitung der Geothermieranlagen im Süden Münchens war die Schaffung eines kostenoptimierten seismischen Überwachungssystems, welches multiple Anlagen mit einer mög-

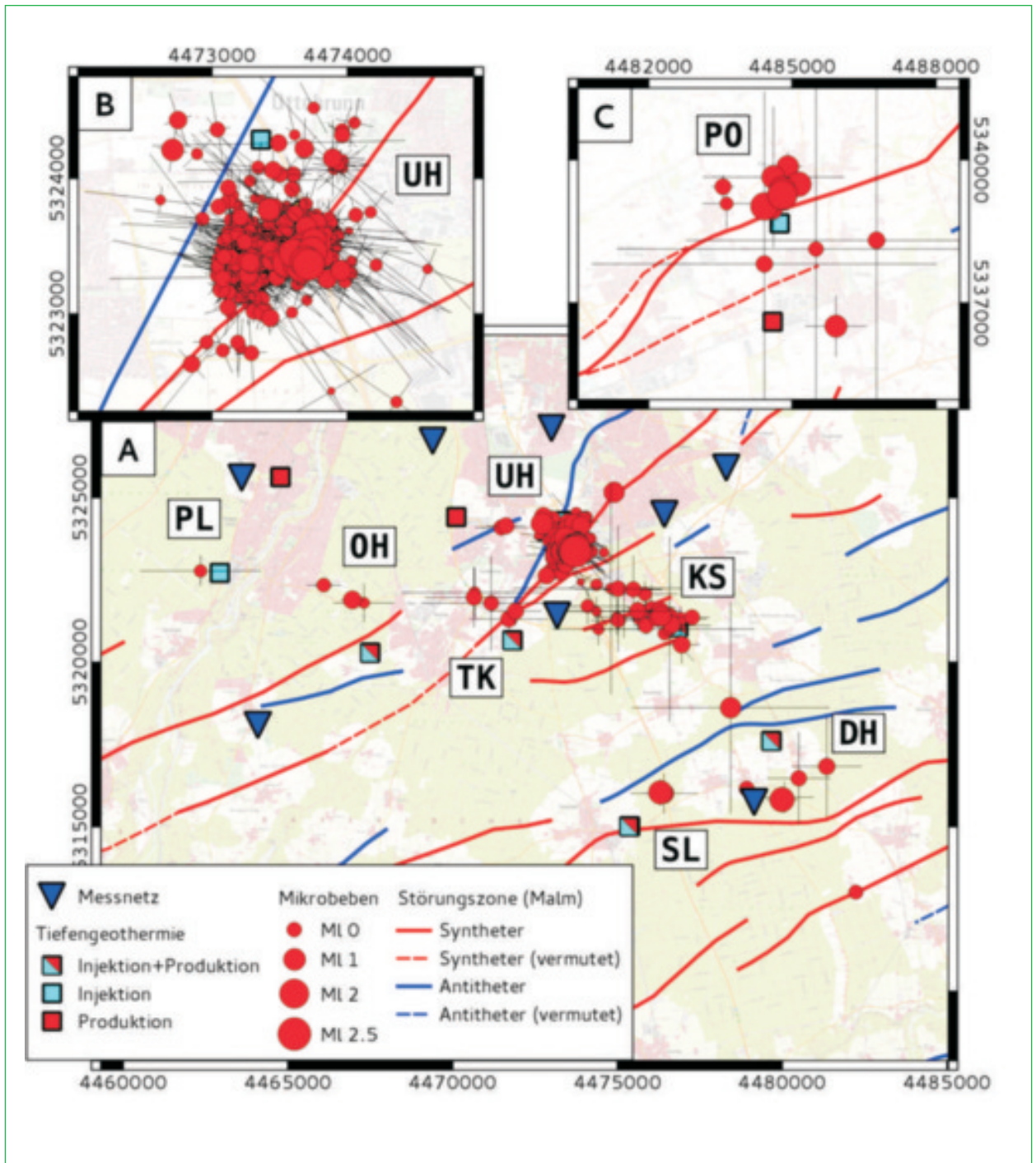


Abb. 1: Kartendarstellung der in den Projekten MAGS und MAGS2 detektierten Seismizität im Umfeld von Tiefengeothermieanlagen im Großraum München. (Abbildung entnommen aus: Megies und Wassermann, 2017) ■

lichst geringer Anzahl von gut verteilten seismischen Stationen überwachen sollte. Im Laufe der dreijährigen Projektlaufzeit von MAGS2 wurde dabei deutlich, dass nicht nur die Bohrung Unterhaching GT-2 seismisch aktiv ist, sondern praktisch alle im Untersuchungsgebiet befindlichen fünf Anlagen in der direkten Umgebung ihrer Re-Injektionsbohr-
löchern als induziert anzusehende

Seismizität aufweisen. Bis vor kurzem blieb diese neu entdeckte seismische Aktivität deutlich unter der Fühlbarkeitsschwelle bzw. Meldepflicht, was zunächst für die Sonderstellung in Volumenrate einhergehend mit der Orientierung der angeschlossenen Störungszone der Geothermie Unterhaching sprach. Neu hinzu kam nun in letzter Zeit verspürte Seismizität, welche erst nach längerer Betriebszeit der Anla-

ge auf oder in der Nähe von und für eine Reaktivierung ungünstig orientierter Störungen. Der Fall Poing (drei verspürte Erdbeben in unmittelbarer Nähe zur Re-Injektion) und jüngst Dürrenhaar (ein verspürtes MI 2.0 Beben nach einer Serie von kleinen Erdbeben seit Jahresbeginn) sind berechte Beispiele für eine größere Latenzzeit der seismischen Reaktion auf Eingriffe in den Untergrund und wirft Fragen

zum Mechanismus der Erdbebenauslösung auf.

Festzuhalten bleibt die Beobachtung, dass in faktisch allen seismisch überwachten Geothermieranlagen im Großraum München seismische Aktivität nachgewiesen werden kann, sofern zum einen das seismische Netz den Anforderungen eines Emissionsnetzwerk entspricht und zum anderen das Reaktivierungspotenzial der Störung und die Volumen- & Abkühlungsrate hoch genug ist. Es zeigte sich weiter, dass größere Ereignisse nur selten ‚singulär‘ sondern vielmehr in Schwärmen begleitender Erdbeben auftreten. Auffallend ist außerdem, dass die bisher im Raum München lokalisierten Erdbeben im Umfeld geothermaler Reservoirs selten kräftiger als Ml 2.2 ausgefallen sind. ■

Welche Lehren lassen sich aus all diesen Beobachtungen ziehen?

Fakt ist, dass nach der Novellierung des Bundesberggesetzes und damit einhergehend der Einwirkungsbereichs-Bergverordnung, die Betreiber beim Auftreten stärkerer, möglicherweise Bergschaden verursachender Seismizität mit der Bergschadensvermutung konfrontiert sind.

Neben der reinen Beweisdokumentation (z.B. maximale Bodenschwinggeschwindigkeiten, Ort des Erdbebens und bessere Eingrenzung eines eventuell festzulegenden Einwirkungsbereichs) sollten die Betreiber wegen der schon erwähnten Schwarmhaftigkeit der induzierten Seismizität, die Ampelsysteme erst möglich macht, auf eine möglichst lückenlose seismologische Überwachung bedacht sein.

Die dichte Lage von Geothermieraumfeldern im Raum München macht eine hohe Lokalisierungsgenauigkeit und damit Stationsdichte erforderlich, was die Kosten für ein gutes seismologisches Emissionsnetz in die Höhe treibt. Es konnte jedoch im Ver-

lauf des MAGS2 Projekts gezeigt werden, dass durch geeignete Stationskonfigurationen vorhandene Synergien genutzt und somit die Kosten für einen Betrieb eines betreiberübergreifenden Netzes signifikant gesenkt, die Effizienz hinsichtlich Lokalisierung und flächiger Bestimmung von maximal auftretender Bodenschwinggeschwindigkeiten beibehalten oder sogar erhöht werden kann. Dies verlangt allerdings eine deutlich engere Zusammenarbeit verschiedener Betreiber und die Öffnung der seismischen Beobachtungen für die beteiligten Firmen, Dienste, Behörden und nicht zuletzt der Öffentlichkeit.

Dringend geraten ist zudem die Bereitschaft offen über das Thema induzierte Seismizität mit der Öffentlichkeit zu diskutieren. Eine ‚ich bin's nicht gewesen‘ Mentalität schadet der Idee der tiefen Geothermie und beflügelt die Skeptiker dieser Technologie bzgl. Schadensverhinderung, -minimierung und im schlimmsten Falle der Schadensliquidierung. ■

Referenzen

Lüsch, E., Düssel, M., Thomas, R., & Schulz, R. (2011). 3D seismic survey for geothermal exploration at Unterhaching, Munich, Germany. First Break, 29(January), 45–54.
Megies, T., & Wassermann, J. (2014a). Microseismicity observed at a non-pressure-stimulated geothermal power plant. Geothermics, 52, 36–049.
<http://doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.01.002>
Megies, T., & Wassermann, J. (2017). Mikroseismische Aktivität geothermischer Systeme 2 - Vom Einzelsystem zur großräumigen Nutzung: Einzelprojekt 2 - Untersuchungen zur optimierten seismischen Überwachung hydrogeothermaler Systeme bei dichter räumlicher Lage der Bohrerlaubnisfelder am Beisp.

München.

<https://doi.org/10.2314/GBV:101142956X>

Megies, T., & Wassermann, J. (2014b). Verbundprojekt MAGS - Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund - EP 2: Untersuchung von Mikro-Beben in der bayerischen Molasse im Umfeld von geothermischen Reservoirs. München.

<https://doi.org/10.2314/GBV:83259170X>

Reinecker, J., Tingay, M., Müller, B., & Heidbach, O. (2010).

Present-day stress orientation in the Molasse Basin. Tectonophysics, 482(1–4), 129–138.

<http://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.07.021>

Wolfgramm, M., Bartels, J., Hoffmann, F., Kittl, G., Lenz, G., Seibt, P., ... Unger, H. J. (2007). Unterhaching geothermal well doublet: structural and hydrodynamic reservoir characteristic; Bavaria (Germany).

In Proceedings European Geothermal Congress. ■

Autoren:



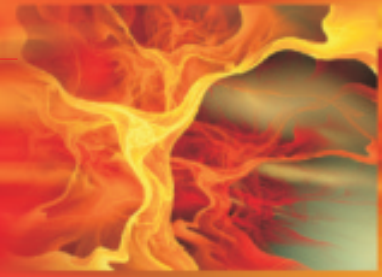
Dr. Joachim Wassermann



Tobias Megies

Department für Geo & Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität, München

Sektion Geophysik
Theresienstrasse 41/IV
80333 München
Tel.: +49 089 2180 4237
FAX.: +49 089 2180 4205



Der rechtliche und wirtschaftliche Rahmen der Tiefengeothermie

Tiefengeothermie als „Hidden Champion“ der erneuerbaren Energien

Seit der Inbetriebnahme der ersten großen tiefengeothermischen Strom- und Wärmegewinnungsanlage in Unterhaching vor über 10 Jahren erfreut sich die Tiefengeothermiebranche eines großen Aufschwungs und einer deutlichen

Zunahme an Vorhaben und Projekten. Bei den meisten Projekten locken sehr gute wirtschaftliche Aussichten, denen allerdings komplexe technische und wirtschaftliche Anforderungen gegenüberstehen. Der Rechtsrahmen für die Tiefengeothermie in Deutschland sichert die Investitionen sehr gut ab, sofern alle notwendigen Ge-

nehmigungsschritte eingehalten und bestehende Zusammenhänge von Beginn an in der Planung berücksichtigt werden.

Aktuell befinden sich in Deutschland 33 Tiefengeothermieranlagen in Betrieb, von denen 21 Anlagen in Bayern liegen. Mit einer installierten Leistung von 314 MW thermisch und 39 MW elektrisch trägt Tiefengeothermie bisher zu einem kleinen, aber wachsenden Anteil an der regenerativen Energieversorgung in Deutschland bei.

Das vorhandene Potenzial ist dabei noch lange nicht ausgeschöpft. Die drei interessantesten Gebiete für die Nutzung hydrothermaler Tiefengeothermie in Deutschland finden sich im norddeutschen Becken, dem Oberrheingraben und dem süddeutschen Molassebecken (vgl. Abb.1). Hier bestehen in wenigen Kilometern Tiefe Temperaturen von 60 °C bis über 100 °C. Abhängig von Temperatur und Fließrate können Geothermieranlagen entweder zur reinen Wärmebereitstellung oder zur gekoppelten Nutzung von Strom und Wärme genutzt werden. Auch eine reine Stromnutzung ist bei einigen Projekten bereits umgesetzt worden.

Die in Deutschland bislang allein eingesetzte Fördertechnik der hydrothermalen Tiefengeothermie nutzt natürliche wasser-

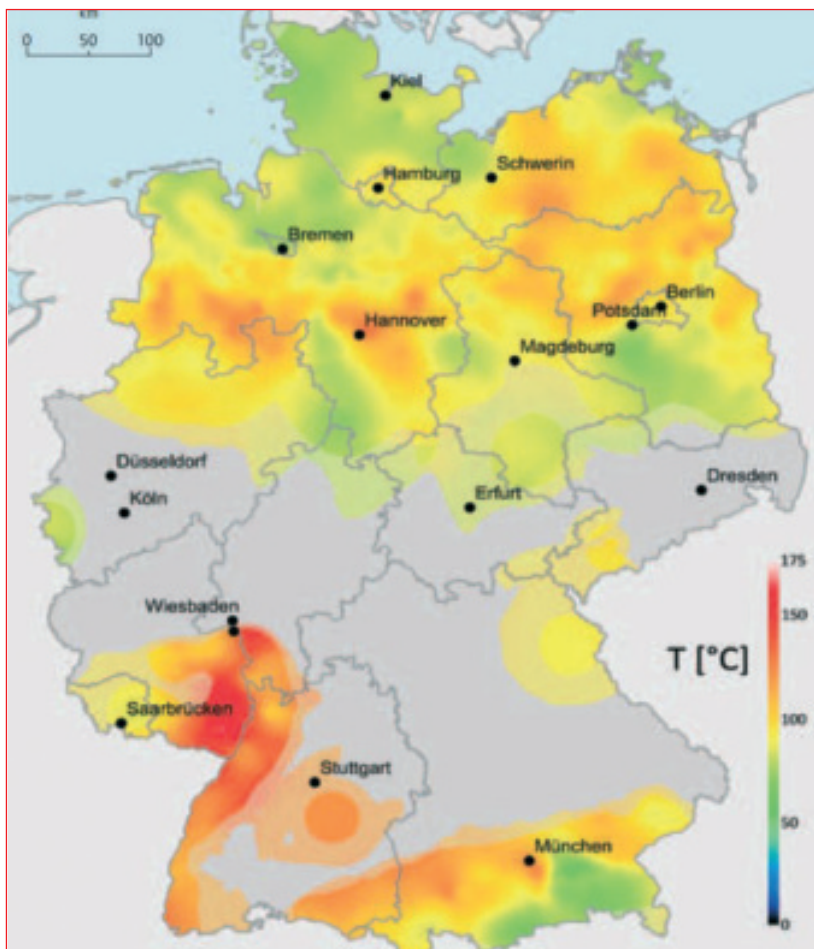


Abb. 1: Untergrundtemperaturen bei 2.500 m unter N.N.
© iea - International Energy Agency 2011 ■

führende Gesteinsschichten (sog. Aquifere), um über die Förderbohrung das Wasser aus der Tiefe zu entnehmen, die Wärme über einen Wärmetauscher zu entziehen und das abgekühlte Wasser in einigen Kilometern Entfernung über eine zweite Bohrung wieder in die zerklüfteten Erdtiefen zu leiten. Die wirtschaftlich sinnvolle Nutzung der Energie zur Stromerzeugung kann im Regelfall ab Thermalwassertemperaturen von über 100 °C über Niedertemperaturprozesse (Kalina oder Organic Rankine Cycle) erfolgen.

Insgesamt ist Tiefengeothermie bereits eine etablierte und ausgereifte Technologie, deren Wichtigkeit vor allem aufgrund ihrer Grundlastfähigkeit und Steuerbarkeit, dem geringen Flächenverbrauch, regionaler Wertschöpfung sowie Unabhängigkeit von Importen und der CO₂-freien Möglichkeit der Energiegewinnung anerkannt ist. Mit diesen klaren Vorteilen gegenüber den etablierten Energieträgern Wind und Sonne und einem sehr großen technischen Potenzial gilt die Technologie als „Hidden Champion“. Dennoch bestehen noch Hürden, welche teils durch konstruktive Kommunikation abgebaut werden können, in anderen Fällen aber noch der Bedarf eines Überdenkens durch den Gesetzgeber besteht.

Tiefengeothermie im politisch-rechtlichen Umfeld

Geothermieprojekte bedürfen einer langen, gut organisierten Planungsphase. Da bei dieser erneuerbaren Energietechnologie viele potenzielle Risiken bestehen (u.a. hinsichtlich geologischer, technischer und wirtschaftlicher Aspekte), müssen bereits vorab im Rahmen eines umfassenden Risikomanagementsystems die identifizierten Risiken angesprochen und die Risikomi-

nimierungsstrategie festgelegt werden. In dieses Themenfeld fällt auch die rechtliche Spannungssituation zwischen Wasser- und Bergrecht, welche Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit einer Tiefengeothermieranlage haben kann.

Um sich mit eben jenem rechtlichen Spannungsfeld detaillierter auseinanderzusetzen, hat die Juristin Prof. Dr. Tanja Barton von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf ein Forschungssemester bei Rödl und Partner in München verbracht. In dieser Zeit bot sich ihr die Möglichkeit, bestehende Literatur und den aktuellen Rechtsstand auszuwerten sowie praktische Herausforderungen der Anwendung beider Rechtsgebiete auf die Tiefengeothermie zu identifizieren. Die Herausforderungen entstehen vor allem dadurch, dass das „alte“ Bergrecht – ursprünglich entstanden für den Kohlebergbau – im Rahmen der Tiefengeothermie auf einen in der stetigen Weiterentwicklung befindlichen Sachverhalt angewendet wird.

Somit sind neben dem Bau- und dem Umweltverträglichkeitsrecht die zwei Rechtsgebiete Berg- und Wasserrecht ausschlaggebend für die Umsetzbarkeit eines Geothermieprojekts (vgl. Abb. 2). Erdwärme gilt im Bergrecht als „bergfreier Bodenschatz“, dessen Aufsuchung und Gewinnung einer Genehmigung unterliegt. Somit muss, um überhaupt mit der Aufsuchung eines potenziellen Tiefengeothermiestandorts beginnen zu können, eine bergrechtliche Erlaubnis eingeholt werden, welche in der Regel für 3–5 Jahre gewährt wird. In diesem Zeitraum besteht die Möglichkeit, seismische Untersuchungen, sowie entsprechende Tiefbohrungen vorzunehmen, um einen geeigneten Projektstandort zu ermitteln und den Boden-

schatz aufzuzeigen. Wurde im entsprechenden Aufsuchungsfeld eine positive Fündigkeit (Auffinden von Thermalwasser) verzeichnet, hat der Investor das Recht, für den Dauerbetrieb und die Nutzung des Wassers eine bergrechtliche Bewilligung erteilt zu bekommen, welche für 50 Jahre Geltung hat. Ist eine bergrechtliche Bewilligung erteilt worden, muss für die eigentliche Ausübung ein ergänzendes Betriebsplanverfahren angestrebt werden. Grundsätzlich ist das Bergrecht ein Wirtschaftsrecht und somit bemüht, Investitionssicherheit zu schaffen und auch für Projekte der Tiefengeothermie die Gewinnung des Bodenschatzes zu fördern.

Anders ist die Situation beim Wasserrecht. Auch hier bedarf es für die Aufsuchung von wasserleitenden Gesteinsschichten einer wasserrechtlichen Erlaubnis, die jeweils nur für wenige Jahre befristet erteilt wird und immer wieder neu beantragt werden muss. Auch im Wasserrecht gibt es grundsätzlich die Möglichkeit der „Bewilligung“ auf einen Zeitraum von z.B. 50 Jahren, allerdings werden seit vielen Jahren aus verwaltungsrechtlichen Gründen für die Dauernutzung des Wassers keine Bewilligungen mehr erteilt. Das Wasserrecht ist ein Schutzrecht und legt somit vorrangig Priorität auf die Sicherstellung des Schutzes von Ökosystem und Wasserhaushalt. Eine Bewilligung als stärkste Form der Genehmigung würde dem Anlagenbetreiber das subjektiv-öffentliche Recht zur Benutzung des Wassers verleihen. Dieser umfassende Vertrauensschutz ist jedoch nur in seltenen Fällen gegeben, weshalb anstatt des „Rechts“ zur Benutzung im Regelfall nur eine „Befugnis“ zur Benutzung in Form einer wasserrechtlichen Erlaubnis ausgestellt wird. Eine Erlaubnis zeichnet weiterhin aus,

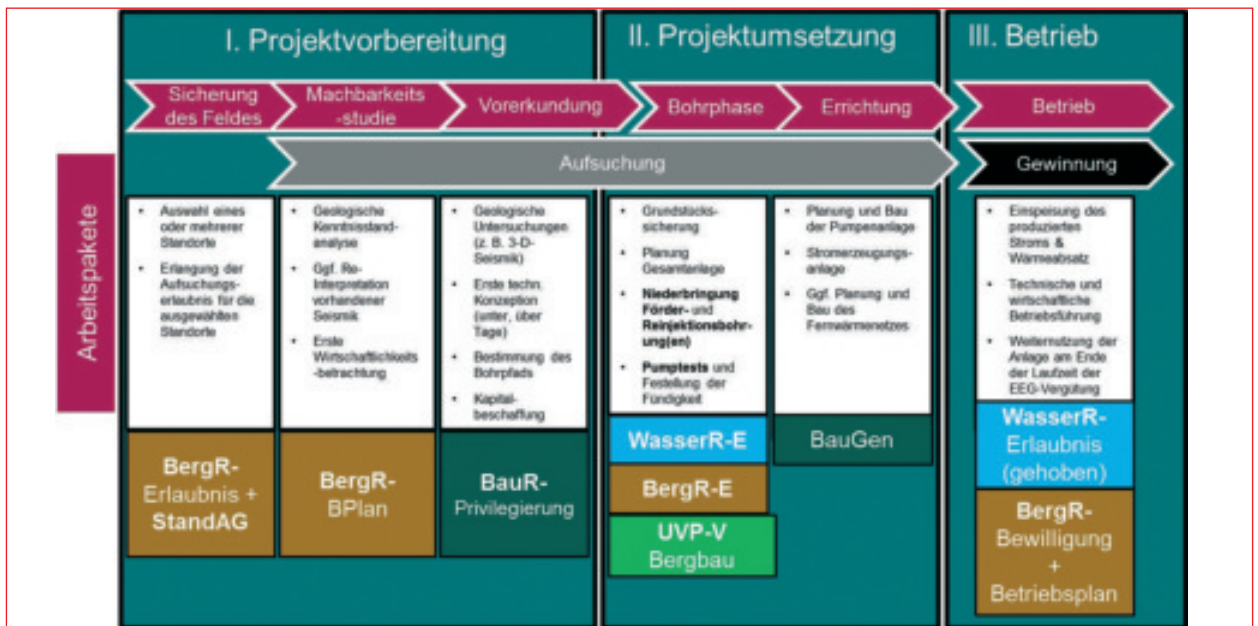


Abb. 2: Ablauf von Tiefengeothermieprojekten & Rechtliche Genehmigungsschritte ■

dass sie jederzeit und ohne Weiteres widerrufbar ist, sowie von Dritten angefochten werden kann. Da Tiefengeothermieprojekte unter diesen Voraussetzungen jedoch unmöglich langfristig planen können, existiert die Form der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis als Zwischenstufe von Erlaubnis und Bewilligung. Die gehobene Erlaubnis ist nicht ohne weiteres widerrufbar und von Dritten nicht anfechtbar. Anders als die bergrechtliche Bewilligung, besteht die wasserrechtliche gehobene Erlaubnis jedoch nur für bis zu 25 Jahre dem Anlagenbetreiber zu. Trotz der Möglichkeit auf Verlängerung ist diese nicht garantiert.

Das Spannungsverhältnis der beiden Rechtsgebiete ist auch in der politischen Diskussion angekommen. In einem Fachvortrag von Prof. Dr. Barton und Herrn Benjamin Richter (Rödl & Partner) auf dem „Geothermie Kongress 2017“ wurden die Herausforderungen dargelegt und mehrere Lösungsmöglichkeiten skizziert. Der Gesetzgeber ist gefordert, eine einheitliche Basis zu schaffen, um Tiefengeothermieprojekten den notwendigen einheitli-

chen Rechtsrahmen zu schaffen. Aber auch andere Rechtsgebiete sollten bei der Planung und dem Betrieb von Tiefengeothermieanlagen beachtet werden, so veranlasst z. B. eine Gesetzesänderung im § 120 Abs. 1 BBergG zur Überprüfung des Risikomanagementsystems im Bereich (Berg-) Schäden. Durch die Neuformulierung des Paragraphen sind nun auch Bohrungen als vermutete Verursacher beim Auftreten von Schäden durch Senkungen, Hebungen, Pressungen oder Zerrungen der Oberfläche, Erdrisse oder Erschütterungen genannt. Um den daraus folgenden Anscheinsbeweis der Bohrung als Schadensverursacher widerlegen zu können, bedarf es möglicher Alternativ-Ursachen oder konkrete Gegenbeweise. Der Anscheinsbeweis ist nicht gegeben, wenn besagter Schaden auch durch einen Baumangel oder eine baurechtswidrige Nutzung verursacht worden sein kann oder entsprechende Veränderungen an der Erdoberfläche durch natürlich bedingte geologische oder hydrologische Gegebenheiten hervorgerufen wurden. Durch seismisches Monitoring kann geprüft werden, ob das Hypozentrum in

unmittelbarer Nähe der Bohrung lag. Im Schadensfall sind Anlagenbetreiber folglich gefragt, eine gründliche Beweissicherung an Gebäuden durchzuführen, um mögliche Baumängel nachzuweisen sowie mittels ausreichender seismischer Messstationen Kausalzusammenhänge zwischen Bohrung und Erschütterung ausschließen zu können.

Eine weitere gesetzliche Neuregelung die Geothermie betreffend, trat im Mai 2017 mit der Aktualisierung des Standortauswahlgesetzes (StandAG) in Kraft. Das StandAG dient der Suche nach einem Endlager für nukleare Reststoffe. Tiefengeothermieanlagen mit Bohrungen über 100 Metern, bei denen in 300 – 1.500 Metern geologisch geeignete Steinsalz- oder kristalline Gesteinsformen vorkommen, müssen eine Zulassung des Bundesamtes für kerntechnische Entsorgungssicherheit einholen. Die Prüfung, ob die Bohrstelle den Mindestanforderungen des StandAG entspricht oder aber ein Ausschlusskriterium vorliegt, findet im Rahmen der Prüfung von Anträgen auf bergrechtliche Erlaubnisse statt.



Gemüsebau Steiner GmbH & Co. KG

Abb. 3: Luftbild Kirchweidach: Aufgrund der CO₂-freien Energie konnten 150 neue Arbeitsplätze geschaffen werden ■

Positiv für Tiefengeothermie hingegen sind nach wie vor die Regelungen des EEG. Erleichternd für die Branche war, dass keine Ausschreibung wie bei Wind oder der Photovoltaik stattfinden wird und das Einsetzen der Degression der Vergütung auf das Jahr 2021 verschoben wurde. So steht dem Strom aus Tiefengeothermie weiterhin eine Festvergütung über 20 Jahre zu. Tiefengeothermie muss in einer sinnvollen Energiewende im Strom- und vor allem im Wärmebereich ein bedeutender Stützpfeiler der Energieversorgung werden und kann damit helfen, die deutsche Energiewende vorantreiben. Im Wärmesektor wird über die Hälfte der Primärenergie in Deutschland verbraucht. Zwischen 2000 und 2014 hat sich die Wärmegewinnung aus Geothermie und Umweltwärme verzehnfacht. Die klimaschonende Tech-

nologie trägt zur Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen bei und schafft lokal Arbeitsplätze und regionale Wertschöpfung. Sobald die Energiequelle in Form einer fundigen Bohrung vorliegt, entsteht Infrastruktur und wirtschaftliche Entwicklung. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Gemeinde Kirchweidach, wo auf Grund von verfügbarer Energie aus Tiefengeothermie ein Gewächshaus zur Produktion von CO₂-freien Tomaten, Paprika und Erdbeeren entstanden ist (vgl. Abb.3).

Durch die gute Steuerbarkeit der Anlagen ermöglicht die Tiefengeothermie auch die Anforderungen der Sektorenkopplung zu erfüllen und ist somit zwar in ihrer Gestehtung alt, aber in ihrer Anwendung so modern wie kaum eine andere Erzeugungstechnologie.

Autoren:



Anton Berger
Partner

Rödl & Partner GbR
Äußere Sulzbacher Str. 100
90491 Nürnberg
Tel.: +49-911-91 93-3601
anton.berger@roedl.de



Benjamin Richter
Associate Partner

Rödl & Partner GbR
Denninger Str. 84
81925 München
Tel.: +49-89-92 87 80-350
benjamin.richter@roedl.de

Geothermisches Know-How in der oberflächennahen Geothermie

Im Herzen Frankens, in der Metropolregion Nürnberg angesiedelt, steht das GeoZentrum Nordbayern für wissenschaftliche Kompetenz im Bereich oberflächennaher Geothermie. Eingegliedert im Lehrstuhl für Geologie, unter der Leitung von Prof. Dr. Harald Stollhofen, befasst sich die Arbeitsgruppe um Dr. David Bertermann mit dem Forschungsbereich "Oberflächennahe Geothermie". Die Forschungsprojekte reichen von der Grundlagenforschung bis hin zu angewandten Industrieprojekten.

Im Bereich der oberflächennahen Geothermie leistet die Arbeitsgruppe Oberflächennahe Geothermie, unter der Leitung von Dr. David Bertermann, einen wichtigen Beitrag im Portfolio des Lehrstuhls für Geologie am GeoZentrum Nordbayern. Nationale Forschungsprojekte, in enger Zusammenarbeit mit Industrie- und Forschungspartnern innerhalb Deutschlands, zählen ebenso wie internationale, EU-geförderte Forschungsprojekte der Horizon2020-Förderlinie zum Arbeitsgebiet der Forschergruppe der Oberflächennahen Geothermie. Durch eine moderne Laborausstattung, sowie Messgeräte für den Gebrauch im Feld, können physikalische Boden- und Gesteinsparameter ermittelt werden und in (betriebs-)wissenschaftliche Auswertungen mit einfließen. Aktuelle Forschungsprojekte sind zum einen bodenkundlicher wie auch geologischer Art. Innerhalb eines Industrieprojektes werden zur Ermittlung der thermischen Leitfähigkeit, Verdichtungsempfindlichkeit und klimatischen Was-

serbilanz physikalische Bodenparameter ermittelt und sinnvoll miteinander verknüpft.

In zwei weiteren EU-geförderten Forschungsprojekten der Horizon2020-Förderlinie ist die AG Oberflächennahe Geothermie mit Leitung von geologisch angewandten Arbeitspaketen betraut.

Das Projekt Cheap-GSHPs (www.cheap-gshp.eu) zielt auf die Kostenreduzierung von oberflächennahen Geothermie-Lösun-



gen. Dabei werden neue Einbauverfahren für neu entwickelte Koaxial- und Spiralsonden entwickelt, getestet und gemonitort. Das Ziel des mit 5.804.849 € geförderten EU-Projektes ist die europaweite Reduktion der Installations- und Betriebskosten für flache geothermische Systeme. Erzielt werden soll diese



Neu entwickelter Spiralkollektor ■



Testfeld des Projektes "Cheap-GSHPs" in Erlangen-Eltersdorf ■

Kostenersparnis durch die Entwicklung von neuen Bohrtechniken bis 15 m Tiefe, zusammen mit der Weiterentwicklung von verschiedenen „Ground Source Heat Exchanger“. Klimadaten und Untergrundinformationen werden innerhalb des Projekts gesammelt und fließen in die Evaluation mit ein. Somit werden die Verwendungsmöglichkeiten dieser neu entwickelten Systeme in Gebäuden und Wohnanlagen zu Heiz- und Kühlzwecken optimiert – und zwar angepasst an die jeweilige Klimazone und geologischen Untergrundbedingungen des jeweiligen Installationsorts.

Die Mitarbeiter des GeoZentrums Nordbayern, Dr. David Bertermann & Johannes Müller, stellen innerhalb des EU-Projekts Know-how zur oberflächennahen Geothermie bzw. Geologie i.A. zur Verfügung. Europaweit werden geologische Informationen aus Literatur und Feldarbeit gesammelt, gegebenenfalls Messwerte im Labor erhoben und digital zusammengefasst. Außerdem wird eine Datenbank von ausgewählten Proben angelegt und deren thermische Eigenschaften definiert. Die FAU beteiligt sich außerdem am Moni-

toring des Testfeldes Erlangen-Eltersdorf.

Dort wurden neuentwickelte Spiralsonden, in enger Zusammenarbeit mit der Firma REHAU AG+Co, entwickelt, eingebaut und getestet. Das neue Design der Sonden wurde passend zu großdimensionalen Hohlbohrschnecken angepasst. Das Baustellenhandling ist aufgrund des verwendeten Materials, ein Verbundrohr aus PE, Aluminium und PE-Xa äußerst benutzerfreundlich und leicht zu installieren. Außerdem soll durch Labor und Thermal Response Tests untersucht werden, ob verschiedene Hinterfüllmaterialien die Leistungsausbeute der neuen Art Erdwärmesonde verbessern bzw. unterstützen können. Zusätzlich wird an allen vier Spiralsonden Messtechnik angebracht, um das Testfeld für circa zwei Jahre im Detail überwachen zu können und um wertvolle Daten über das Gesamtsystem zu erhalten. Das Projekt „Cheap-GSHPs“ wird durch das Forschungs- und Innovationsprogramm 'Horizont 2020' der Europäischen Union im Grant Nr. 657982 gefördert.

Kontakt:



Dr.
David Bertermann
Arbeitsgruppenleiter
Oberflächennahe
Geothermie

GeoZentrum Nordbayern -
Lehrstuhl für Geologie

Friedrich-Alexander-Universität,
Erlangen-Nürnberg
Schlossgarten 5, 91054 Erlangen
david.bertermann@fau.de Tel.:
+49 9131 85 25824
Mobil: +49 160 4246587
Fax: +49 9131 85 29295



Johannes Müller
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter AG
Oberflächennahe
Geothermie

GeoZentrum Nordbayern -
Lehrstuhl für Geologie

Friedrich-Alexander-Universität,
Erlangen-Nürnberg
Schlossgarten 5, 91054 Erlangen
johannes.j.mueller@fau.de
Tel.: +49 9131 85 23331
Fax: +49 9131 85 29295



Quartierskonzepte mit Oberflächennaher Geothermie

„Kalte Nahwärme“ eine zukunftsorientierte und tragfähige wirtschaftliche Energiequelle

Eine wichtige Säule für den Klimaschutz ist die Reduktion von Emissionen bei gleichzeitigem Umstieg von konventionellen Energieträgern auf erneuerbare bzw. regenerative Energieträger. Dies ist jedoch nur bei einer grundlegenden Reduktion des Primärenergieverbrauchs durch die Steigerung von Effizienz der Anlagentechnik, Ablaufprozesse und der Bautechnik möglich. Dem zum Trotz sind Energieversorger jedoch aktuell nicht davon überzeugt, in naher Zukunft zentral platzierte regenerative Kraftwerke zu bauen. Aus einem einfachen Grund: Investitionskosten. Im Vergleich zu ihren bestehenden konventionellen Kraftwerken, welche abgeschrieben und relativ kostengünstig weiterbetrieben werden können, sehen die EVUs dementsprechend keinen Grund alternative erneuerbare Großkraftwerke zu bauen [1]. Infolgedessen sehen Befürworter einer schnellen Energiewende die Lösung in der dezentralen regenerativen Energieversorgung. Eine immer größere Beachtung findet die Energiewende und die dezentrale regenerative Energieversorgung bei Privaten Investoren und auch in Kommunen, welche die vorhandenen Potenziale vor allem

bei der Versorgung mit Wärme für sich entdecken. Mit einem Anteil von über 50 % am Endenergieverbrauch ist der Wärmesektor dabei zum zentralen Ansatzpunkt für die Umsetzung von Klimaschutzzielen geworden.

Für den zukünftig nachhaltigen Betrieb von Wärmenetzen müssen neue Strategien entwickelt werden. Ob die Versorgung durch ein dezentrales regeneratives Wärmenetz ökologisch sowie ökonomisch Sinn macht, ist dabei von einigen Faktoren abhängig und muss deshalb jedes Mal aufs Neue geprüft werden. Einen großen Faktor spielt dabei die Wärmeverteilung durch das Wärmenetz selbst. Je höher die Temperatur in diesem Verteilnetz ist und je geringer die Umgebungstemperatur, umso höher sind die Wärmeverluste. Um dies zu verhindern, werden oft gedämmte Rohrsysteme verbaut, welche einerseits die Verluste minimieren, andererseits jedoch höhere Investitionskosten verursachen. Ein Gegenentwurf dazu stellt das Konzept der „Kalten Nahwärmeversorgung“ dar. Durch die Belieferung der Wärmeabnehmer mit einem „kälteren“ Wärmeträgerfluid werden Wärmeverluste minimiert bzw. Wärmegewinne über das Netz

generiert und eine Rohrdämmung ist praktisch obsolet.

Der Begriff „Kaltes Nahwärmenetz“ gründet auf dem Vergleich mit dem konventionellen Nah- oder Fernwärmenetz. Konventionelle Wärmenetze werden mit Vorlauftemperaturen von 70 °C bis zu 130°C betrieben, ein kaltes Nahwärmenetz dagegen mit einer Vorlauftemperatur von 0°C-20°C. Wird ein Vergleich der beiden Netze angestellt, so besteht durchaus die Neigung dazu, das Netz mit der weitaus geringeren Temperatur als „kalt“ zu bezeichnen [2]. Der Betrieb von kalten Nahwärmenetzen kann allgemein durch die folgende Vorgehensweise dargestellt werden. Das Wärmeträgermedium, welches die Wärme aus der Wärmequelle transportiert, wird durch Rohrleitungen über ein Rohrnetzsystem von der Wärmequelle bis zu den einzelnen Abnehmern geleitet. Dort wird mit Hilfe eines Wärmetauschers, welcher meist in den installierten Wärmepumpen integriert ist, Wärme von dem Wärmeträgermedium entzogen und an den Wärmepumpenkreislauf übergeben. Das abgekühlte Wärmeträgermedium fließt anschließend zurück zur Wärmequelle. Grundlegend muss angeführt wer-

den, dass keine einheitliche Definition für die „kalte Nahwärme“ existiert. Einige Betreiber von Nahwärmenetzen bezeichnen demnach ihre im Winter mit 70°C und mehr betriebenen Wärmenetze im Sommer als „kaltes Nahwärmenetz“, da diese dann nur noch mit 30°C betrieben werden. Andere betreiben ihr Nahwärmenetz dagegen ganzjährig mit Hilfe eines Wasser-Glykol-Gemisches anstelle von Wasser als Wärmeträgerfluid, wodurch Vorlauftemperaturen zwischen -5°C bis +20°C möglich sind. Eine klare Definition ist folglich nicht ersichtlich. Eine häufig verbreitete alternative Bezeichnung für ein derartiges Netz ist der Begriff des „Anergienetzes“, da thermische Energie unterhalb der umgebenden Temperatur genutzt wird [3]. Demzufolge besteht die Tendenz festzuhalten, dass ein Netz, welches keine Dämmung für den Transport des Wärmeträgermediums bis zum Wärmeabnehmer benötigt (da keine Wärmeverluste sondern Wärmegewinne auftreten), ein kaltes Nahwärmenetz ist.

Ein weiterer positiver Effekt des kalten Nahwärmenetzes betrifft die Bedürfnisse der einzelnen Haushalte. Bei dem Bau herkömmlicher Wärmeerzeugungsanlagen kann kaum auf die Bedürfnisse und Anforderungen der einzelnen Abnehmer eingegangen werden, da ein be-

stimmtes Wärme-Volumen abgenommen werden muss. Bei der kalten Nahwärme hingegen, tritt das Gegenteil ein. Durch die dezentrale Energieerzeugung kann jeder Haushalt bzw. Abnehmer selbst seinen Anforderungen entsprechend die Wärmeerzeugung dimensionieren und anpassen. Nebeneffekt der dezentralen Energieerzeugung ist die Möglichkeit der Erweiterung des Netzsystems, wodurch weitere Abnehmer auch nach dem ersten Betrieb noch problemlos eingebunden werden können. Dieser Fakt spielt vor allem bei der Planung und dem Bau von Neubaugebieten eine positive Rolle. Neben erneuerbaren Wärmequellen (Erdwärme, Solar) können latente/ saisonale Speicher (Solar-Eisspeicher, Regenwasserzisternen) und Abwärme (Gewerbe, Industrieprozesse) verwendet werden. Damit lässt sich ein Nahwärmenetz auch bei erheblich geringerer Wärmeabnahmedichte leichter wirtschaftlich und ökonomisch betreiben. Als Wärmequellen für ein kaltes Nahwärmenetz kann auf eine Vielzahl an geothermischen Nutzungsformen zurückgegriffen werden. Im Jahr 1977 wurde das erste Kalte Nahwärmenetz in Wulfen in Betrieb genommen. Eine Brunnenanlage mit zwei Förderbrunnen und drei Schluckbrunnen dient als Wärmequelle. Die

Versorgung des Wärmebedarfs von 117 Wohneinheiten wird durch 71 dezentrale Wärmepumpen gewährleistet. Als weitere Wärmequellen, dienen vor allem Erdwärmesondenanlagen und auch horizontale kompakte Flächenkollektoren in Form von Matten oder Grabenkollektoren finden sich in der Ausführung.

Ein ZIM Forschungsprojekt „Entwicklung eines optimal abgestimmten, geothermischen, kalten Nahwärmenetzes zur Versorgung von Wohngebieten mit Wärme und Kälte“ startete im Jahr 2007 und wurde 2009 abgeschlossen. Die Forschungsziele und Entwicklungsziele bezogen sich dabei auf einzelne Komponenten (Erdwärmesondenfeld, Ring- bzw. Sternleitung und Verteiler, Wärmepumpe und Bewirtschaftung/Betrieb) eines Kalten Nahwärmenetzes. In den darauf folgenden Jahren stieg das Interesse der Wärmeversorgung durch Kalte Nahwärmenetze bei privaten Investoren, den Kommunen und den Energieversorger. Das spiegelt sich an den bisher in Betrieb genommenen Kalten Nahwärmenetzen und die aktuell in Planung befindlichen Projekte. Realisiert wurden kleinere Wohngebiete mit 13 Wärmenehmern und einer Arbeitsleistung von 130.000 kWh/Jahr (z.B. Neubaugebiet „Sohnius-Weide in Nümbrecht (NRW) in Betrieb seit 2012) bis

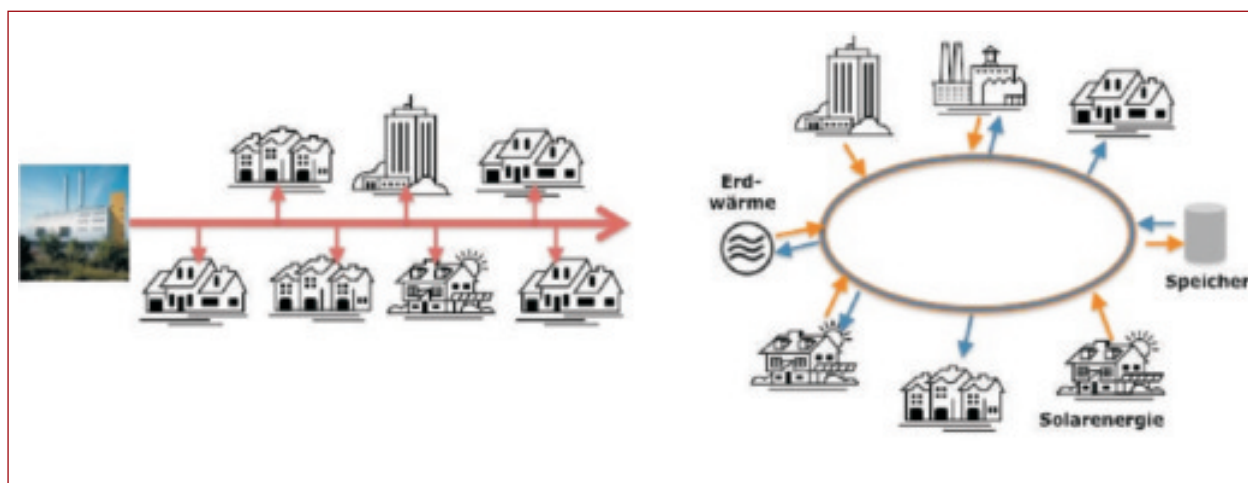


Abb. 1: Netzstrukturen (Quelle: https://www.researchgate.net/profile/Matthias_Sulzer/publication/262418798_Grundlagen-Thesen_Kalte_Fernwaerme_Anergienetze/links/oc960537b26bf21731000000/Grundlagen-Thesen-Kalte-Fernwaerme-Anergienetze.pdf) ■

hin zu einem ganzen Campus einer Hochschule ETH Zürich mit einem Heizbedarf von über 28.000.000 kWh/Jahr. ■

Beispielprojekte

Auf dem Sachsenhäuser Berg in Frankfurt am Main wurde mit 38.000 Gesamtbohrmetern das größte innerstädtische Erdwärmesondenfeld in Deutschland errichtet. Aufgeteilt auf zwei eigenständige Bauprojekte versorgen die Erdwärmesonden zum einen den Neubau des Henninger Turms samt Sockelbebauung sowie die insgesamt 700 Wohnungen auf dem Quartier am Henninger Turm mit Wärme und Kälte. Bei beiden Projekten erfolgt die Grundlastdeckung im Heiz- und Kühlfall über eine erdgekoppelte Wärmepumpenanlage. Beim Bauvorhaben Henninger Turms wurde hierzu im Jahre 2014 ein Erdwärmesondenfeld mit 12.000 Gesamtbohrmetern aufgeteilt auf 122 Bohrungen errichtet. Nach Fertigstellung des Henninger Turms und der Sockelbebauung ist die Anlage im Jahr 2018 in Betrieb genommen worden. Beim Vorhaben Quartier am Henninger Turm folgten weite-

re 260 Bohrungen mit einer jeweiligen Sondeneinbautiefe von 100 m. Insgesamt wurde somit am Sachsenhäuserberg in Frankfurt am Main ein Erdwärmesondenfeld mit einer Gesamtbohrmeterzahl von 38.000 m errichtet [5].

Bei der Entwicklung der jeweiligen Versorgungskonzepte wurde die oberflächennahe Geothermie von Anfang an als wesentlicher versorgungstechnischer Baustein miteinbezogen. Ein zu empfehlender Projektablauf ist schematisch in *Abbildung 2* dargestellt. Der Ablauf orientiert sich an den Leistungsphasen der AHO bzw. HOAI und gliedert sich in die Blöcke „Grundlagenermittlung, Machbarkeit und Vorkonzeption“, „Felderkundung“ und „Detailplanung und Umsetzung“. Der letzte Block umfasst hierbei ausgehend von der Entwurfsplanung das größte Leistungsspektrum.

Mit dem dargestellten Projektablauf können mögliche Frage- und Problemstellungen für die Umsetzung eines Projektes in einer frühen Phase erkannt und Lösungsansätze erarbeitet werden. Diese Vorgehensweise erspart dem Bauherrn/Investor unnötige

Planungskosten und gewährleistet eine hohe Planungssicherheit. Seit dem Jahr 2011 gibt es hierzu auch das AHO-Leistungsbild Nr. 26 „Planungsleistungen im Bereich der oberflächennahen Geothermie“. Dort sind Leistungsphasen und deren Inhalte ausführlich beschrieben und von Sonderleistungen abgegrenzt [1]. Die HOAI mit ihren Leistungsbildern im § 43 (Ingenieurbauwerke) und § 55 (Technische Ausrüstung) deckt das spezielle Leistungsbild der Planung geothermischer Anlagen nicht ab. Zur Vermeidung unnötiger Risiken ist es daher erforderlich, Qualitätsstandards zu definieren um somit eine fachgerechte Planung und Ausführung sicherzustellen, die dann auch entsprechend honoriert werden.

Für die Heizungsversorgung wird ein Niedertemperaturnetz und für die Warmwasserversorgung in den Wintermonaten ein Hochtemperaturnetz betrieben. In den Sommermonaten erfolgt die Warmwasserbereitung über dezentrale solarthermische Anlagen auf den einzelnen Mehrfamilienhäusern. Die eigentliche Brauchwassererwärmung erfolgt in den einzelnen

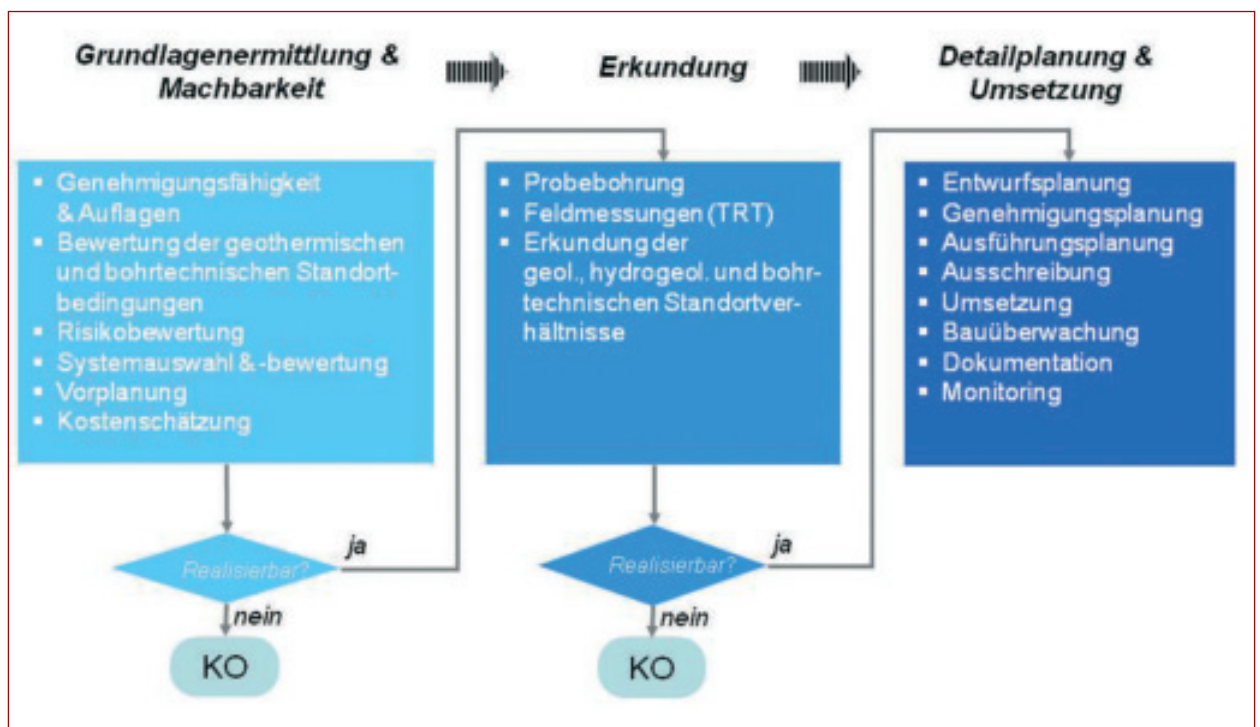


Abb. 2: Grundsätzlicher Projektablauf im Bereich der oberflächennahen Geothermie in Anlehnung an die Planungsphasen der AHO Nr. 26 ■

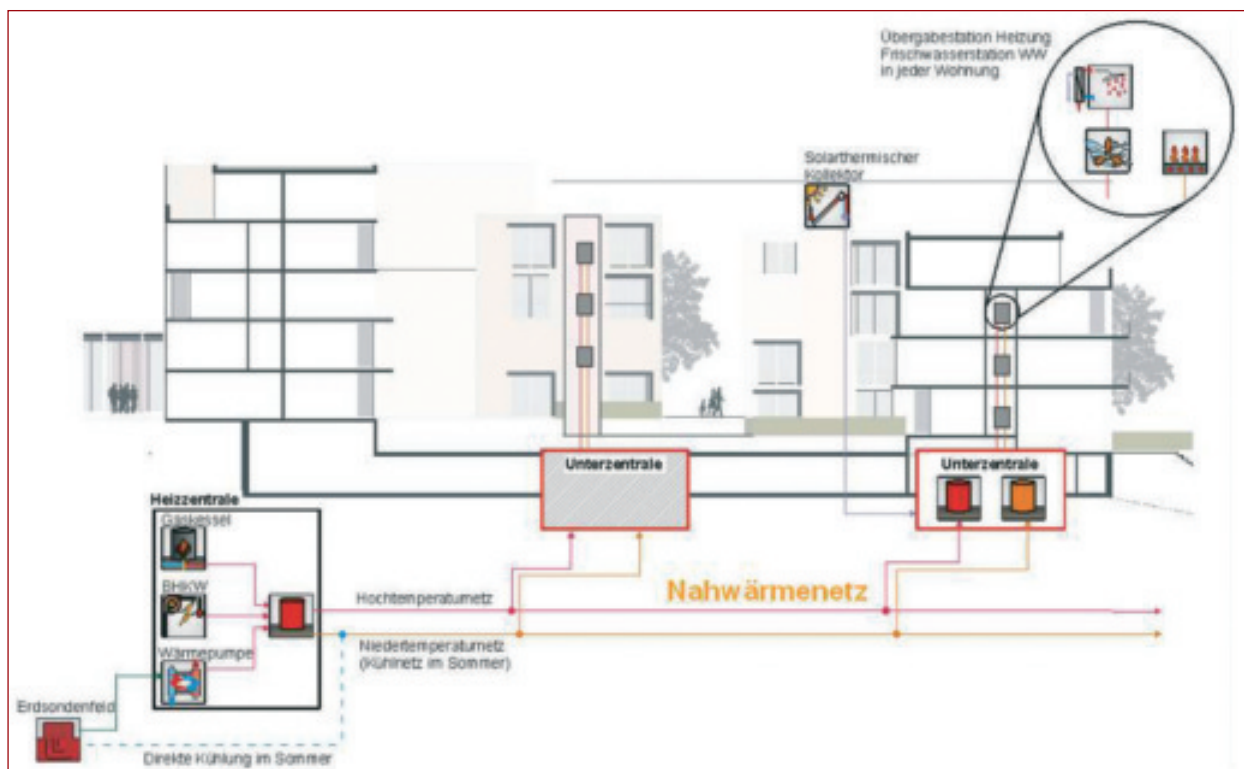


Abb. 3: Grundsätzlicher Projektablauf ■

Wohnungen über Frischwasserstationen. Die Netze werden über eine Heizzentrale mit einem bivalenten Anlagenkonzept versorgt. Die Deckung der Grundlasten erfolgt hierbei über ein Blockheizkraftwerk und über die erdgekoppelte Wärmepumpenanlage.

Die Wärmepumpenanlage wiederum wird über den Strom aus dem Blockheizkraftwerk versorgt. Spitzenlasten im Heizfall werden über eine Gasbrennwertanlage abgedeckt. In den Sommermonaten erfolgt eine Temperierung der Mehrfamilienhäuser passiv über das Erdwärmesondenfeld, *siehe Abbildung 3*.

Neben seiner innerstädtischen Lage ist das Geothermieprojekt durch weitere Besonderheiten und Herausforderungen gekennzeichnet. Zum einen befinden sich die Vorhaben in einem geologisch und hydrogeologisch anspruchsvollen Bereich. Zum anderen muss, aufgrund der grundstücksübergreifenden geothermischen Nutzung zur Erkundung, zur Errichtung und zum Betrieb ein bergrechtliches Genehmigungsverfahren durchlaufen werden. Um einen reibungslo-

sen und sicheren Bauablaufs zu gewährleisten, wurde das Bohr- und Ausbaukonzept der Erdwärmesondenanlage auf die Untergrundverhältnisse sowie die genehmigungsrechtlichen Vorgaben entsprechend angepasst.

In diesem Zusammenhang zeigte sich auch, dass insbesondere die bohr- und ausbautechnischen Risiken erst nach Durchführung einer Probebohrung abschließend bewertet werden können. Weiterhin liefern Feldmessungen (Thermal Response Tests, Temperaturtiefenprofilmessungen) an der ausgebauten Probebohrung standortspezifische Werte zu maßgeblichen Planungs- und Genehmigungsrelevanten Parametern. Nicht zuletzt bietet eine Probebohrung auch die Möglichkeit, Kritiker eines Geothermieprojektes von dessen Umsetzbarkeit zu überzeugen bzw. deren Argumente zu widerlegen [5]. ■

Literatur:

- [1] Quaschnig, Volker. Regenerative Energiesysteme (2015), S.57
- [2] Vgl. Paschotta, Rüdiger. Fernwärme (2010); C.A.R.M.E.N. e.V.

Kalte Nahwärmenetze vs. herkömmliche Wärmenetze (2014)

[3] Paschotta, Rüdiger.

Anergienetz (2016)

[4] AHO Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.: Leistungsbild und Honorierung, Planungsleistungen im Bereich der Oberflächennahen Geothermie, Nr. 26 der Schriftenreihe des AHO, Berlin, September 2011;

[5] Kübert et al, bbr

Autorin:



Prof. Dr.
Simone
Walker-Hertkorn

tewag Technologie Erdwärmeanlagen -
Umweltschutz GmbH

Niederlassung Starzach
Am Haag 12
72181 Starzach Fellendorf
Tel.: 07483 26908-0
info@tewag.de
www.tewag.de

Erdwärme – weil es Sinn macht!



Investition in eine nachhaltige, unabhängige Technik

Der in Deutschland bereits seit mehreren Jahren anhaltende Boom, Erdwärme für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden und zur Warmwassererzeugung zu nutzen, setzt sich ungebrems fort, und macht auch vor gut kalkulierenden Unternehmen keinen Halt. Die Josef Rädlinger Bauunternehmen GmbH ist seit über 50 Jahren ein familiengeführtes Bauunternehmen mit Sitz in Cham in der Oberpfalz. Neben vielen anderen Bereichen bilden der Verkehrswege-, Hoch-, Ingenieur-, Netz- und Asphaltbau die Schwerpunkte des von Josef Rädlinger sen. im Jahr 1963 gegründeten Unternehmens, welches in zweiter Generation von seinen Söhnen Josef und Werner Rädlinger geführt wird. Das 1700 Personen starke Unternehmen unterhält neben Leipzig und internationalen Niederlassungen, vier Standorte in Bayern. Neben der Hauptniederlassung in Cham sind dies Schwandorf, Selbitz* und Windorf*. *Letztere sind bereits im Zuge eines Neubaus mit Erdwärme ausgestattet worden. Am Hauptsitz, der Ende 2018 fertig sein soll, laufen zurzeit die Bau- und Bohrarbeiten auf Hochtouren.

Warum Erdwärme? Diese Frage beantwortet Markus Heigl, Bereichsleiter Regional und verantwortlich für den Neubau in Windischbergerdorf (Cham): „Unser Unternehmen hat natürlich die unterschiedlichen Möglichkeiten geprüft, aber am Ende hat die Nutzung mit Wärmepumpe und den Sondenbohrungen nicht nur kosten-technisch die Nase vorne, auch die Möglichkeit das Gebäude zu attraktiven Bedingungen klimatisieren zu können, hat den Ausschlag gegeben.“ Herr Heigl legt dann noch nach und führt an, dass es auch ein persönliches Anliegen der Unternehmensführung war, die Energiegewinnung so nachhaltig wie möglich zu gestalten. Seine Kollegin und Marketingleiterin Stephanie Zapf bringt das ganze aus ihrer Sicht auf den Punkt. „Bei all unseren Neubauten steht das Wohlfühlen der Mitar-



Blick auf das Bohrfeld, auf dem später das Gebäude errichtet wird. Im Hintergrund ist das Kloster zu sehen. Bildquelle: Fischer Spezialbaustoffe GmbH ■

beiter, die Funktionalität, kombiniert mit einem positiven Erscheinungsbild absolut im Vordergrund!“

Dass es die Oberpfälzer damit sehr ernst meinen kann man an den unterschiedlichen Gebäudestilen erkennen. Aber auch die Verantwort-

tung für die Infrastruktur und die Kombination aus Neubau und Bestand spielen eine große Rolle. Dies zeigt sich sehr deutlich am aktuellen Neubau. Hier kombinieren die Planer ein bestehendes, leerstehendes, seit Jahren im Familienbe-

sitz befindliches Kloster mit dem modernen Neubau, in den die Hauptverwaltung der Unternehmensgruppe und das Bauunternehmen einziehen werden.

Am Anfang steht die Planung

Ein Erdwärme-System besteht aus mehreren wichtigen Komponenten, die exakt aufeinander abgestimmt sein müssen. Nur so lassen sich die erforderliche Sicherheit und die gewünschte Effizienz erreichen. Einige Förderprogramme verlangen sogar den Nachweis einer bestimmten Effizienz.

Empfehlenswert ist die Realisierung eines Erdwärme-Systems komplett aus einer Hand. Entweder durch ein Planungsbüro, das alle Fäden in der Hand hat, oder einen Projektsteuerer, der die einzelnen Gewerke unter einem Dach vereint. Hierdurch wird dem Endkunden die Schnittstellenverantwortung der teilweise recht komplexen Einzelgewerke abgenommen. Die Vorgehensweise ist überschaubar: Nach einer ausführlichen Beratung erfolgt die Planung, zu der die Heizlastberechnung, die Erkundung des Untergrunds, die Auslegung der Erdwärmesonde(n) und die Amortisationsberechnung gehören. Die wesentlichen Schritte in der Ausführung umfassen die Antragsstellung bei den zuständigen Behörden und die Durchführung der Innen- und Außenar-

beiten, unter Anwesenheit des Fachbauleiters.

Für die planerische Umsetzung war deshalb das Ingenieurbüro Schiefeneder aus Regen zuständig. Hier laufen bei Reinhold Schiefeneder die Fäden für die technische Gebäudeausrüstung (TGA) aller Rädlinger-Projekte zusammen. Im Vorfeld gibt es natürlich vieles zu beachten, führt Herr Schiefeneder aus. Zum Beispiel das EEWärmeG und die Anforderungen der EnEV 2016. Bei allen Projekten konnte von passenden geologischen Verhältnissen ausgegangen werden, was die Wahl der Quelle vereinfacht hat. Will man nur heizen? Oder auch kühlen? Spielt die Warmwasserbereitung eine Rolle? Kann man monovalent arbeiten oder braucht man mehrere Wärmeerzeuger? Ebenso spielte die langfristige, unabhängige Versorgungssicherheit eine Rolle. Am Beispiel Hauptverwaltung Windischbergerdorf setzen die Gebäudeausrüster neben der Erdwärme noch auf einen Gasheizkessel, um das Klostergebäude und die zentrale Warmwasserbereitung optimal umzusetzen. Ferner dient der Kessel als Rückfallebene. Die Kühlung läuft monovalent. Bei den anderen Objekten (Selbitz und Windorf) reichte die Wärmepumpe alleine aus.

Nachdem der Gebäudebedarf ermittelt war, wurde anhand des Energieatlas Bayern, grundsätzlich

geklärt, ob Erdwärmebohrungen möglich sind. Bei solchen Projekten ($>30\text{KW}$), ist es empfehlenswert mit einer Erkundungsbohrung und einem anschließenden Thermal-Response-Test (TRT), die in der Vorplanung angenommenen Werte, abzusichern. Hier wird eine Art Heizgerät auf die Erkundungsbohrung gesetzt, welches den Untergrund aufheizt. Aus dem Rücklauf kann die thermische Leitfähigkeit und das Wärmespeichervermögen des Untergrundes errechnet werden. Je nach dem erfolgt danach eine thermische Simulation und die Auslegung der Erdwärmesonden, oder die Beantragung des gesamten Sondenfeldes. Hier ist es wichtig, den Platz/Platzbedarf im Auge zu behalten und natürlich spielt auch die genehmigte Tiefe eine Rolle. Aktuell beschäftigt die Branche, neben den wasserrechtlichen Bestimmungen, das Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG). Hierbei muss bei Bohrungen über 100m eine spezielle Prüfung durchgeführt werden, was aber für das aktuelle Projekt kein Thema mehr war. Mit den gewonnenen Daten und der Auswertung des TRT ging es dann an die Simulation und die Beantragung des Sondenfeldes, danach konnten die Gewerke ausgeschrieben werden. Beim Ausschreibungsverfahren wurden diver-



Animation der neuen Hauptverwaltung. Unter dem Gebäude ist das Erdwärme-Sondenfeld errichtet worden. Auf der linken Bildseite ist das restaurierte Kloster zu sehen, das in den modernen Gebäudekomplex mit eingebunden ist. Bildquelle: Berschneider+Berschneider ■

se regionale und überregionale Bohrfirmen angefragt. Anschließend wurden die Gebote anhand des Leistungsverzeichnisses geprüft. In der Regel bekommt der günstigste Anbieter den Zuschlag.

Bei der Auswahl der Heizsysteme kamen Systeme mit niedrigem Temperaturniveau (Fußboden-, Wandheizung), bzw. Betonkernaktivierung zum Tragen. Die Temperaturen im Heizkreis betragen im Vorlauf/Rücklauf 43/33°C. Die passive Kühlung erfolgt über alle eingesetzten Flächenheizungen. Bei der Versorgung wird ein 4-Leiter-System eingesetzt, sodass die Mitarbeiter raumweise die Wahl zwischen Heiz- und Kühlbetrieb haben. Die Umschaltung erfolgt zentral für das Gebäude und hat als Referenz die gemittelte Außentemperatur.

Das erste Projekt, das Rädlinger mit Erdwärme umgesetzt hat, befindet sich im oberfränkischen Selbitz (Abb. 2). Es wurde 2013 durch die ASK Geotherm aus Kulmbach fertig gestellt. In Rathsmannsdorf (Gemeinde Windorf) kam dann gleich ein Doppelschlag. Ende 2015 wurde das neue Betriebsgebäude seiner Bestimmung übergeben. Im Anschluss daran erfolgte die Erweiterung der Niederlassung um eine neue Lager- und Werkstatthalle.

Allein hier wurden für beide Gebäude zusammen 60 Sonden zwischen 99 und 120m durch die Firma Streicher aus Deggendorf abgeteuft. In Cham werden es 36x120 Meter.

Vertrauen in eine starke Partnerschaft

Streicher, besonders Bauleiter Stefan Graziani, zeichnet sich verantwortlich für die Umsetzung der Bohrarbeiten. „Normal arbeiten wir nur mit einer Bohranlage pro Baustelle, aber durch den engen Zeitplan sind wir mit zwei Teams am Start“. Zwei Geräte mit Kompressoren und was sonst so gebraucht wird, ist die eine Kunst, eine wesentlich höhere ist es, die einzelnen Gewerke untereinander in Einklang zu

bringen und eventuell gegenseitige Baubehinderungen zu vermeiden. Neben den Bohrteams sind Gerüstbauer, Betonbauer und Arbeiter von Rädlinger für die Erstellung der Fundamente zu Gange, also jede Menge Menschen und schweres Gerät. Das Bohren selbst ging sehr gut, denn die Geologie im bayerischen Wald ist aufgrund seiner Gesteinsart hervorragend für die Erdwärme geeignet. Anhand des Bohrprofils/Ausbauplanes erläutert Manfred Lang, zuständiger Privater Sachverständiger der Wasserwirtschaft (PSW). Im oberen Bereich findet man je nach Standort Kiese und Sande. Hier bohrt der Geräteführer mit einer so genannten Schutzverrohrung (Durchmesser 178mm). Beim Abstand zwischen den einzelnen Erdwärmesonden wurde eine Entfernung von 12m gewählt. Um die vorgeschriebenen 30mm Ringraum zu gewährleisten wird die restliche Tiefe mit einem 152mm-Bit gebohrt. Der Warzenbit zerkleinert mit einer drehenden/schlagenden Bewegung das Bohrgut, welches mittels Druckluft nach oben „gespült“ und in einem Container gesammelt wird. Gebohrt wurde mit einer Hütte HBR 205 GT und einer Comacchio MC 900 P. Beide Geräte eignen sich aufgrund des Eigengewichtes und der Rückzugskraft sehr gut für Großbaustellen und größeren Tiefen. So konnten pro Bohrteam pro Tag eine Erdwärmesonde (Bohren, Einbau, Verpressen, Umsetzen) realisiert werden. Ab 14m bis zum Endpunkt auf 120m wurde standfestes Gebirge vorgefunden, im Bohrprofil als Gneis (hart/brüchig und mit mehr oder weniger Quarz angereichert) beschrieben. Das so geförderte Bohrgut wird dann nach einem Ablagerungsprozess (hier setzt sich Wasser ab) entsorgt. Das Wasser kann je nach Auflage in ein Kanalsystem oder einen Graben eingeleitet werden oder muss entsorgt werden. Hier sind die Genehmigungsvorgaben der Behörde zu beachten. Lang lobte nebenbei aber auch den fachli-

chen Austausch mit dem Regensburger Wasserwirtschaftsamt (WWA). WWA's sind Einrichtungen für die fachliche Stellungnahme bei Vorhaben in Verbindung mit dem Wasserrecht, also u. a. Sondenbohrungen. Die Genehmigung erteilt die Kreisverwaltungsbehörde (KVB). Außerhalb Bayerns liegt diese Aufgabe bei den unteren Wasserbehörden.

Nach dem Ausbau des Bohrwerkzeuges folgt tagesgleich der Einbau der Erdwärmesonden. Hier fiel die Wahl auf die Produkte der Firma FRANK GmbH aus Möhrfelden. Die Erdwärmetauscher aus PE 100 RC werden mit einer Einbauhaspel und einem Gewicht materialschonend (auf Zug) in das Bohrloch eingebracht. PE 100 RC-Werkstoff ist seit Jahren Standard in der Branche und ist, wenn man so will, die dritte Verbesserungsstufe. Das Material zeichnet sich durch eine hohe Punklastbeständigkeit und hohen Widerstand gegen Rissfortpflanzung aus. PE 100 RC ist auch für die sandbettfreie Verlegung zugelassen. Rohre aus PE 100-RC nach PAS 1075 und Rohre aus PE-X sind für die sandbettfreie Verlegung geeignet.

Eine sandbettfreie Verlegung kann in Grabenbauweise oder mit alternativen (grabenlosen) Verlegeverfahren erfolgen.

Die für diese Verlegung geeigneten Rohre bestehen aus hochwertigen Kunststoffwerkstoffen mit Schutz gegenüber Punktlasten, Rissinitiation und langsamem Risswachstum. Die Definition der erforderlichen Eigenschaften übernimmt die PAS 1075. Sie beschreibt die technischen Anforderungen und Prüfungen solcher Rohrsysteme und der verarbeiteten Rohstoffe.

Die DVGW Richtlinie W 400-2 beschreibt für die Verlegung im Graben die Anforderungen an die Bettungen der Rohrleitungen. In Anhang G sind Richtwerte für die Korngrößen der Bettung verschiedener Rohrmaterialien genannt. Für eine sandbettfreie Verlegung von Rohren aus PE 100-RC können die

Angaben für den Werkstoff PE-X verwendet werden.

Dies vereinfacht vor allem die Verlegearbeiten bei der Anbindung im Graben. Die Verbindung zwischen Sonde und Schacht kann man schweißen, Streicher setzt hier aber schon seit längerem auf das Viega-Pressverfahren. Als Gründe führt Reinhold König (Polier) die Zeiterparnis und die Unabhängigkeit vom Wetter an.

Verfüllung der Ringräume – wichtiger denn je

Bei Bauvorhaben solcher Größenordnung stellt sich für die Bohrmannschaft immer wieder die Frage: Verfüllen wir aus einem Silo oder schleppen wir Säcke? Mit der Frage sah sich dann Vertriebsleiter Thomas Popp von Fischer Spezialbaustoffe GmbH aus Heilsbronn konfrontiert. Hier gilt es abzuwägen, um eine gemeinsame Lösung zum Wohle des Kunden zu finden. Was ganz klar für Siloware auf Großbaustellen spricht, ist der Wegfall von der Schlepperei, Entsorgung der leeren Säcke und vielleicht der eine oder andere Euro an Kostenersparnis. „Aber auf Großbaustellen mit vielen Gewerken steht so ein Silo ganz schnell mal im Weg, und meistens dann, wenn es gerade frisch gefüllt ist“, führt Thomas Popp aus. Nachdem aber Streicher und Fischer seit Jahren sehr gut und partnerschaftlich zusammenarbeiten, war die Lösung auch schnell gefunden! Vor einiger Zeit hatte die Mannschaft ihre Mischpumpen „BigBagtauglich“ gemacht. Radlader sind meist auf der Baustelle, so Reinhold König, Polier bei Streicher, also heben wir den Sack an, hängen ihn über die Pumpe und ein spezielles, wiederverschließbares Auslassventil am Boden lässt den Baustoff in den Trichteraufsatz Marke Eigenbau rieseln. Die letzten Meter und das eventuell anfallende Nachverpressen erledigt die Bohrmannschaft mit Sackware. Ansonsten ändert sich nichts. Der Baustoff wird mit der vorher eingestellten Menge an

Frischwasser angemischt und im Kontraktorverfahren (von unten nach oben) in das Bohrloch gepumpt. Vor Beginn der Verfüllung kontrolliert ein Mitarbeiter die Dichte mit der Spülungswaage. Von da aus steigt es auf, verdrängt das anstehende Grundwasser und dichtet den Ringraum ab. Eine weitere Aufgabe der Suspension ist die gute Wärmeübertragung des Gesteins auf die Erdwärmesonden und der Zementmantel schützt die Sondenrohre zusätzlich vor dem anstehenden Gebirge. Da in Bayern nur der erste Grundwasserleiter für die Energiegewinnung genutzt werden darf, entfällt eine weitere Aufgabe der Suspension weitgehend, nämlich die Abdichtung verschiedener wasserführender Schichten. Zum Einsatz kommt bei Streicher seit Jahren der Baustoff Fischer GeoSolid 240 HS. Neben seiner hohen Wärmeleitfähigkeit bietet die Fertigmischung Schutz vor betonangreifenden Grundwässern, Meer-/Salzwässern und Kohlensäureangriffen. Neben der Kontrolle der Suspensionsdichte füllt der für die Verfüllung zuständige Mitarbeiter eine Rückstellprobe ab und vermerkt Soll-/Ist-Menge in einem Protokoll. Beim Verfüllvorgang ist es vor allem bei Tiefen über 100m wichtig, die Sonden gegen Kollabieren zu sichern. Das heißt mit dem festen verschließen mit Schraubkappen (SmartTight) verhindert man, dass die Suspension die Sondenrohre bei einem Druckanstieg zusammengedrückt werden. Danach werden die Sondenköpfe mit Verschlussstopfen gegen Manipulation gesichert. Dies ist eine zusätzliche Vorsichtsmaßnahme auf Großbaustellen mit einer zeitlich verzögerten Anbindung. So wird verhindert, dass Fremdkörper in den Kreislauf kommen und ungewollt Schaden verursachen. Mit dem Fotografieren des Ganzen erfüllt der für die Verfüllung zuständige Mitarbeiter, seinen Teil einer Kette von Qualitätssicherungsmaßnahmen. Die Sonden werden danach nochmals abgedrückt und je nach

Baufortschritt mit einem Wärmeträgermedium (Glykol) befüllt. Zum Einsatz kommt hier eine neue Entwicklung aus dem Hause Staub & Co. Silbermann. Das Produkt N-Geo ist speziell für die Anwendungen in der Erdwärme entwickelt worden. Unter anderem ist es Umweltverträglicher und Kostenoptimiert. Es ist zwar trotzdem noch Wassergefährdungsklasse (WGK) I, ist aber nach Herstellerangabe wesentlich umweltschonender als herkömmliche Produkte.

Qualität als Verpflichtung

Qualitätssicherung und Vertrauen in die eigenen Produkte, dass haben auch die Produktpartner Fischer Spezialbaustoffe GmbH und die FRANK GmbH. Nicht nur bei diesem, sondern auch bei allen Projekten bei denen Produkte aus den beiden Häusern Verwendung finden, verdoppelt sich die Garantiezeit von 5 auf 10 Jahre auf die eingesetzten Materialien! Dies gibt zusätzliche Sicherheit für Investoren, Planer und Bohrer.

Die Schacht-Verteilerzentrale vor dem Gebäude

Eine weitere Herkulesaufgabe ist der Schachteinbau mit seinen Anschlussleitungen aus dem Feld, den Gräben und der Hauseinführung. Aber auch die Beschaffenheit und Materialwahl ist wichtig, denn es gibt gerade beim Einbau unter der Bodenplatte oder im Bereich von Verkehrswegen einiges zu beachten. Verteilerschächte der Firma FRANK aus PE-Wickelrohr können grundsätzlich mit einer prüffähigen statischen Berechnung ausgeliefert werden. Bei der Größe sind der Phantasie keine Grenzen gesetzt. Der größte Schacht dieser Art wurde vor einigen Jahren in Österreich eingebaut und beherbergt stolze 204 Erdwärmesonden. Standardschächte von der Stange muss man dann schon auf das jeweilige Projekt abstimmen, sind aber bereits mit teleskopierbaren Schachtdeckungen und bis zu einer

Befahrbarkeit der Lastklasse D zu erhalten. Der hydraulische Abgleich wird in solchen Größenordnungen (20 Sonden aufwärts) gerne auch mit einem Messcomputer vorgenommen, um einen exakten hydraulischen Abgleich und damit einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Bei der Wahl des Schachtes ist aber auch auf anstehendes Grundwasser zu achten, damit der Schacht auch sicher und dauerhaft steht. Hier empfiehlt es sich, einmal mehr den technischen Support des Herstellers einzuschalten!

In diesen Sphären gewinnen Wickelrohrschächte immer mehr an Bedeutung. Der Einbau einer Energiezentrale aus Beton ist aber auch durchaus denkbar. Die Verteilung an sich muss klug gewählt sein. Bei großen Feldern kann man natürlich alles auf einen Schacht fahren, aber man kann auch über Unterverteilerstationen nachdenken und dann die einzelnen Schächte zusammenführen und diese ins Haus führen. Rohmetz- und Druckverlustberechnungen

geben Aufschluss über das richtige Vorgehen.

Im kommenden Jahres wird dann auch dieser Neubau seiner Bestimmung übergeben und reiht sich in die Familie von rund 320.000 Erdwärmelanlagen deutschlandweit ein und leistet seinen wertvollen Beitrag zum Umweltschutz/-bewusstsein. Heizen und klimatisieren mit Erdwärme spart in Bayern allein mehr als 200.000 Tonnen CO₂ ein – weiter so!

Gebäudedaten:

Verwaltungsgebäude Selbitz, Wärmepumpe

Flächenheizung
Heizleistung 52 KW
Kühlleistung 97 KW
Passive Kühlung

Verwaltungsgebäude Windorf, Wärmepumpe

Flächenheizung
Heizleistung 90 KW
Kühlleistung 97 KW
Passive Kühlung

Werkstatt- und Lagergebäude Windorf, Wärmepumpe

Heizleistung 140 KW
Kühlleistung 90 KW
Passive Kühlung

Hauptverwaltung Windischbergdorf (Cham), Wärmepumpe (200 KW)

Heizlast 280 KW
Kühllast 240 KW
Passive Kühlung
Leistung Gaskessel 200 KW

Autor:



Thomas Popp

Erdwärme Gemeinschaft Bayern e.V.
91560 Heilsbronn
Tel.: +49 170 310 02 43
Mail: tp@erdwaermegemeinschaft.de



„Die Erdwärme Gemeinschaft Bayern e.V. wurde 2014, auf Initiative einiger Unternehmen aus der Erdwärmebranche, gegründet. Unser Ziel ist es, die Erdwärme und all ihre Nutzungsformen, dem Endverbraucher begreiflich zu machen. Zunächst haben wir dies auf verschiedensten Messen versucht und haben uns dann auf regionale Energiemessen konzentriert. Als weiteren Schwerpunkt haben wir den Heizungsbauer als Schnittstelle im Blick. Hier möchten wir den Fachhandwerker an die Hand nehmen und ihm bei der Umsetzung von Erdwärmeprojekten unterstützen.

Unsere knapp 50 Mitglieder kommen aus den Bereichen Fachhandwerk, Bohrunternehmen, Materialherstellern, Planern, Kooperationspartnern, Universitäten und Hochschulen. Aber auch Gemeinden und Landkreise haben sich unserer Gemeinschaft bereits angeschlossen.

Die Erdwärme stellt eine wichtige Säule im erneuerbaren Wärmemarkt dar. Die einzelnen Nutzungsarten (Fläche, Tiefe oder Wasser) sind nahezu überall verfügbar und nutzbar. Eine besonders hohe Effizienz erreichen wir im Neubau mit einem Niedertemperatursystem (z.B. Fußbodenheizung), aber die Erfahrungen haben gezeigt, dass eine gut geplante Anlage auch bei Bestandsgebäuden, auch mit Heizkörpern,

sehr gut funktionieren kann. Ein weiterer Vorteil der Erdwärme ist die Kombination aus Heizen und Klimatisieren.

Neben der „Aufklärungsarbeit“ bilden wir Unternehmen der Branche weiter, informieren und beraten Behörden oder wirken auf die Politik ein.

Haben Sie Interesse an unserem Verein? Dann informieren Sie sich gerne unter www.erdwaermegemeinschaft.de oder rufen Sie uns an.“

Kontakt:

Erdwärme Gemeinschaft Bayern e.V.

Gutenbergstraße 4
91560 Heilsbronn
Telefon: 09872-95399913

Standortabhängige Einsparpotenziale der hybriden Speichereinbindung

Verbesserung der Effizienz von tiefegeothermischen Heizwerken

Einleitung

Das Süddeutsche Molassebecken bietet aufgrund der großen Thermalwasservorkommen in geringen Tiefen mit für Heizzwecke geeigneten Temperaturen sehr günstige Voraussetzungen für die geothermische Nutzung. Neben den derzeit wieder ansteigenden Energiepreisen für fossile Brennstoffe verlangen auch die hohen Investitionskosten für den Bau neuer Heizwerke mit den dazugehörigen Bohrungen und dem Fernwärmenetz eine hohe betriebliche Effizienz im Zusammenspiel der verschiedenen Anlagenkomponenten. Mit dem Ziel der optimalen Ausnutzung des geothermischen Angebots setzt an diesem Punkt die Idee der hybriden Speichereinbindung an.

Optimierungsbedarf am geothermischen Wärmeüberträger

In der diesem Bericht vorhergehenden Dissertation [1] wurde das Betriebsverhalten ausgewählter tiefegeothermischer Heizwerke in Süddeutschland mit Hilfe von Messwerten aus verschiedenen Anlagen analysiert. Als problematisch stellte sich dabei der Betrieb der Ergänzungsheizung direkt über der geothermischen Leistungsgrenze heraus. Durch die Mindestlaufzeit und die begrenzte Modulationsfähigkeit der Ergänzungsheizung in Verbindung mit der aktuellen hydraulischen und regelungstechnischen

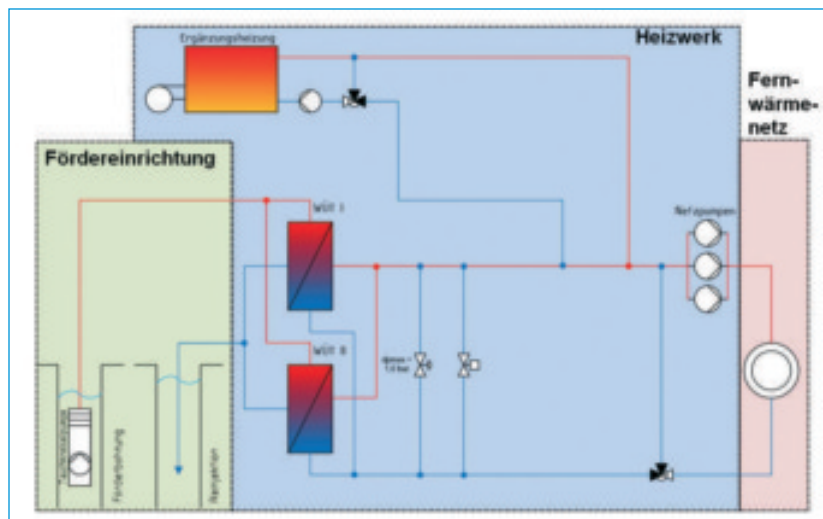


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Aufbaus von geothermischen Heizwerken nach aktueller Anlagenkonfiguration im Grundausbau mit den Bereichen Fördereinrichtung, Heizwerk und Fernwärmenetz. Die bei der Zuschaltung der Ergänzungsheizung ggf. erhöhten Temperaturen im Fernwärmeverlauf können durch die Beimischung eines Teilmassenstromes über das Dreiwegeventil aus dem Rücklauf reduziert werden. ■

Konzeption der Heizwerke wird bei minimaler Überschreitung der geothermischen Leistungsgrenze ein Überschuss an Leistung durch die Ergänzungsheizung in das System eingebracht. Die daraus resultierenden hohen Temperaturen im Hauptvorlauf vor dem Eintritt in das Fernwärmenetz werden anschließend in der Regel durch Beimischung des Rücklaufwassers über das Dreiwegeventil im Bypass reduziert (siehe Abbildung 1). Durch diese Maßnahme ergeben sich keine weiteren Nachteile im Fernwärmenetz wie z. B. höhere Netzverluste. In der weiteren Folge dieser Beimischung aus dem Rücklauf wird jedoch zwangsläufig der Volumen-

strom über die geothermischen Wärmeübertrager reduziert, was die Wärmedurchgangszahl bzw. letztendlich die geothermische Leistung signifikant verringert. Die Ergebnisse des Forschungsberichts in [2] zeigen, dass in verschiedenen Anlagen im bayerischen Molassebecken der Mehraufwand der Ergänzungsheizung durch die bei der Zuschaltung der Ergänzungsheizung hervorgerufene Verdrängung der Geothermie im Betrachtungszeitraum eines Jahres etwa 12 - 20 % beträgt. Die Untersuchungen verdeutlichen, dass das geothermisch verfügbare Potenzial nicht optimal ausgenutzt wird. Grundsätzlich gibt es verschiedene Ansätze um die Verdrängung der

Geothermie zu verringern. Zu nennen wäre hier als erstes die Kaskadierung der Kesselgrößen. Im Wesentlichen sprechen jedoch erhöhte Investitionskosten und ein erhöhter Platzbedarf für mehrere kleine Kessel gegen diese Option. Durch die Nutzung des Fernwärmenetzes als Wärmespeicher kann die Verdrängung der Geothermie ebenfalls verringert werden. Als Nachteile zeigen sich dabei die – vor allem im Vergleich zu einem Wärmespeicher – signifikant höheren Netzverluste (ca. 18-fach höher) sowie die schlecht regelbare Ein- und Ausspeicherung. Des Weiteren kann die Verdrängung der Geothermie bei der Pufferung der überschüssigen Energie im Fernwärmenetz in der Regel nur teilweise verringert werden. Dies ergibt sich durch die zeitversetzten Auswirkungen der Reaktion im Fernwärmenetz auf das zentrale Heizwerk (nähere Ausführungen hierzu siehe [1]).

Die hybride Speichereinbindung

Das Ziel der hybriden Speichereinbindung ist es, durch die intelligente Integration eines Wärmespeichers in Verbindung mit der angepassten hydraulischen und regelungstechnischen Konzeption alle in einem geothermischen Heizwerk auftretenden Betriebszustände optimal eigenständig zu regeln. Verschiedene Möglichkeiten zur Einbindung eines Wärmespeichers wurden in [1] dargestellt und ausführlich analysiert. In den Analysen zeigte sich, dass die hybride Speichereinbindung (siehe Abbildung 2) ein vielversprechendes Potenzial zur Verbesserung der Effizienz tiefegeothermischer Heizwerke besitzt. Bei der hybriden Speichereinbindung wird der Wärmespeicher parallel zwischen Vor- und Rücklauf der Ergänzungsheizung sowie auch seriell eingebunden. Dadurch kann der Speicher mit auf den jeweiligen Betriebsfall angepassten Schaltungsvarianten seriell und parallel betrieben werden.

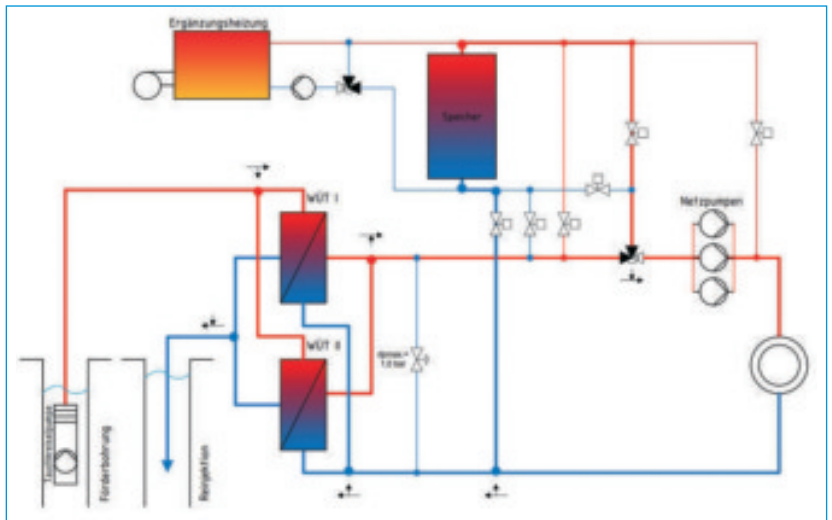


Abb. 2: Optimierungsansatz der hybriden Speichereinbindung mit einer Ergänzungsheizung in Serienschaltung mit eingebundenem thermischem Speicher nach Bichler [3], modifiziert. Der Speicher wird dabei parallel zwischen Vor- und Rücklauf der Ergänzungsheizung als auch seriell eingebunden. Dadurch kann der Speicher mit verschiedenen Schaltungsvarianten seriell und parallel be- und entladen werden. Die aktuelle Situation stellt die parallele Entladung des Wärmespeichers dar. Die Temperaturen in das Fernwärmenetz können dabei über das Dreiwegeregulventil geregelt werden. ■

Einsparpotenziale der hybriden Speichereinbindung

Aufbauend auf den Randbedingungen der Simulationsrechnungen aus [1] (Auszug siehe Tabelle 1) wird nachfolgend eine weiterführende Analyse zur hybriden Speichereinbindung vorgestellt. Dabei wurde zur erweiterten Darstellung des Potenzials der hybriden Speichereinbindung die Temperatur des Thermalwassers im Bereich von 70 bis 90 °C variiert. Ebenso wurde die Grenze der minimalen Einspeisetemperatur in das Fernwärmenetz ausgehend von 75 °C bis 87 °C in 4 K-Schritten variiert. Diese Parameterstudie soll das Einsatzpotenzial der Technik der hybriden Speichereinbindung unter verschiedenen, zumeist durch den Standort vorgegebenen Einsatzbedingungen eruieren.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Parameterstudie unter den verschiedenen Randbedingungen. In den jeweils verschiedenen Farben sind die Simulationsergebnisse zu festgelegten Vorlauftemperaturen in das Fernwärmenetz dargestellt. Dabei wird deutlich, dass sich das Maximum der Einsparungen jeweils dann einstellt, wenn die Thermalwassertemperatur knapp unterhalb der minimalen Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes liegt. Unterhalb der minimalen Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes werden tendenziell größere Einsparungen als oberhalb erreicht. Betrachtet man die Simulationsergebnisse mit einer Vorlauftemperatur in das Fernwärmenetz von 75 °C (blau), so wird im Maximum eine Einsparung von 8,3 GWh/a erzielt. Bei Investitionskosten von ca. 220.000 € für die hybriden Spei-

Bezeichnung	Wert	Einheit
Eintrittstemperatur Thermalwasser:	70–90	°C
Massenstrom Fernwärme:	13–110	kg/s
Massenstrom Thermalwasser:	45–77,5	kg/s
Wärmeübertragungsfläche der geothermischen WÜT:	2x 400	m ²
Thermische Leistung Ergänzungsheizung:	2 – 25	MW
Volumen Wärmespeicher:	100	m ³

Tabelle 1: Wesentliche Randbedingungen für die Simulation der hybriden Speichereinbindung. Die weiteren Randbedingungen, sowie auch die Modellierung der verschiedenen Komponenten kann aus [1] entnommen werden. ■

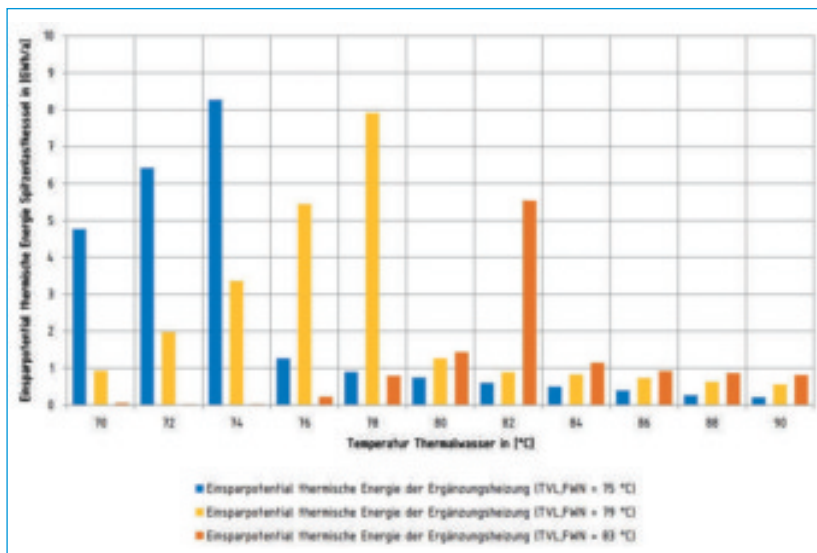


Abb. 3: Die Darstellung zeigt die Einsparpotenziale für die thermische Energie der Ergänzungsheizung bei Variation der Thermalwassertemperatur und der Temperatur des Fernwärmeverlaufs. Dabei verdeutlicht sich, dass das Maximum der Einsparungen jeweils direkt unterhalb der minimalen Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes liegt. ■

chereinbindung erfolgt bei einem Wärmepreis von 55,4 €/MWh und einem Strompreis von 131,2 €/MWh (Mehraufwand für elektrische Energie der Tauchkreislaspumpe) die Amortisation der hybriden Speichereinbindung nach ca. 0,5 Jahren.

Bei den Simulationen mit einer Vorlauftemperatur in das Fernwärmenetz von 79 °C (gelb) können bis zu 7,9 GWh/a, bei Vorlauftemperaturen von 83 °C bis zu 5,5 GWh/a eingespart werden. Bei errechneten Einsparungen von etwa 1 GWh/a kann eine Amortisation der Maßnahme bereits nach ca. 4 Jahren, bei Einsparungen von 0,5 GWh/a nach entsprechend 10 Jahren erreicht werden.

Schlussfolgerungen

Mit der hybriden Speichereinbindung kann die Verdrängung der Geothermie bei der Zuschaltung der Ergänzungsheizung deutlich reduziert und gleichzeitig das geothermisch angebotene Potenzial besser genutzt werden. Die diesem Bericht vorangegangene Dissertation [1] zeigte dahingehend bereits ein gutes Potenzial zur Einsparung von fossiler Energie für die Ergänzungsheizung. Durch die hier dargestellte Ana-

lyse wurde weiterführend das Potenzial unter verschiedenen Einsatzbedingungen, welche zu meist durch die nicht beeinflussbaren Gegebenheiten des Standorts der Anlagen vorgegeben sind, ermittelt. Besonders effektiv in den Betrachtungen ist die Technik der hybriden Speichereinbindung dann, wenn die Thermalwassertemperatur direkt unterhalb der Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes liegt. Bei einer Einsparung von ca. 1 GWh/a, welche in vielen Fällen erreicht werden kann, ergeben sich gute Amortisationszeiten von ca. 4 Jahren. Aufgrund der hier zugrunde gelegten, individuellen Randbedingungen und der anspruchsvollen hydraulischen und regelungstechnischen Anforderungen bei der Umsetzung der hybriden Speichereinbindung ist eine vorhergehende individuelle Betrachtung zu empfehlen.

Literaturverzeichnis

- [1] Bichler Ch., "Beitrag zur hydraulischen und regelungstechnischen Konzeption von tiefeingeothermischen Heizwerken," Dissertation, Lehrstuhl für Energiesysteme (TU München), 2018.

[2] Bichler Ch., Schenk W., and Kersch A., "Ökonomische und ökologische Effizienz tiefeingeothermischer Anlagen in Süddeutschland: Untersuchungen zu Betriebserfahrung und Optimierungsansätze," Hochschule München, Oct. 2014.

[3] Ch. Bichler and W. Schenk, "A new hydraulic concept for geothermal heating plants to achieve maximum geothermal contribution," European Geothermal Congress 2016, Strasbourg, France, Sep. 2016.

Autoren:



Dr.-Ing.
Christian Bichler



Dipl.-Ing.
Stefan Schubert



Dipl.-Ing.
Ralf Gundelach

KESS GmbH
Kreative Energietechnik

Dr.-Ing. Christian Bichler
Dipl.-Ing. Stefan Schubert:
KESS GmbH, Hallwanger Straße 14
83209 Prien
www.kess-gmbh.com
bichler@kess-gmbh.com

Dipl.-Ing. Ralf Gundelach:
Ingenieurbüro Gundelach GmbH
Sonnenstraße 41
97772 Wildflecken



Korrosionsbeständigkeit und schneller Baufortschritt

Neue Fernwärmeheizzentrale aus GFK für aggressive Thermalwässer in den Niederlanden

gec-co hat bereits im Februar 2017 erstmals in den Niederlanden eine vollständig aus glasfaserverstärktem Kunststoff bestehende Anlage für die Fernwärmeversorgung von Gewächshäusern geplant und umgesetzt, damit thermalwasserbedingte Wartungszeiten aufgrund von Korrosion erheblich verlängert werden. Nun liegen erste, langfristige Betriebserfahrungen vor.

Die Projektpartner

Für das Geothermie-Projekt der Aardwarmte Vogelaer hat das in der Planung von geothermischen Heizwerken erfahrene Ingenieurbüro gec-co den gesamten planerischen Bereich für eine Fernwärmanlage übernommen, die auf der heißen, thermalwasserberührten Seite komplett aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) besteht. Die niederländische Firma Verkade Klimaat hat die Anlage inklusive der Übergabestationen in den Gewächshäusern sowie die Fernwärmeleitungen errichtet.

Die gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH aus Augsburg wurde 2007 von Diplom-Ingenieur Thorsten Weimann MBA gegründet. Das Unternehmen ist als Planungs- und Projektsteuerungsbüro in Tiefer Geothermie und Tiefbohrtechnik tätig. Es nimmt Kommunikationsaufgaben wahr und ist in mehreren Forschungsvorhaben aktiv. gec-co erstellt Kraftwerks- und Heizwerksplanungen sowie Wirtschaftlichkeitsberechnungen und begleitet so Investoren, Kommunen und

Bauherren weltweit durch alle Projektphasen von der Genehmigung bis zum Betrieb einer geothermischen Anlage. Das Unternehmen ist außerdem durch einen Auftrag als Teil der Geschäftsstelle des Bundesverbandes Geothermie e.V. tätig. Seit über 80 Jahren ist **Verkade Klimaat** in den Bereichen Klimaanlagen, Gewächshäuser, Nutzgebäude sowie Energieeinsparung und Nutzungskomfort aktiv. 1933 durch Martinus Verkade gegründet, ist die Kernregion von Verkade Klimaat das niederländische Westland. Die Lösungen von Verkade Klimaat zeichnen sich durch zuverlässige Technik, Normkonformität und jahrzehntelange Erfahrung aus. ■

Das Projekt

Aardwarmte Vogelaer ist ein Zusammenschluss von sieben niederländischen Gewächshausbetreibern (Optiflor, Fachjan, Kwekerij Apartus, Amazone Pflants, Gebr Grootsholten Handelskwekerij, Kwekerij Barendse und Zuidgeest Growers) in der Region Westland, südlich von Den Haag. Diese Gewächshausbetreiber haben nun

ihre Gewächshäuser auf Wärme aus Tiefer Geothermie umgestellt. Bisher versorgten diese Gewächshausbetreiber ihre Gewächshäuser über ein erdgasbasiertes Heizsystem. Die angeschlossene Gewächshaussiedlung produziert vorwiegend Gemüse (unter anderem Paprika) und Blumen. Mit dem Auslaufen der Förderung von Wärme aus Erdgas in den Niederlanden ist die Wärmeversorgung aus Geothermie wirtschaftlich geworden. Der Ausbau von Fernwärmenetzen, die Geothermie nutzen, ist – im Gegensatz zu den staatlich geförderten Erdgasnetzen – in den Niederlanden subventionsfrei. Dementsprechend konkurriert Tiefe Erdwärme hier marktfähig mit anderen Technologien und liefert ein besseres Preis-Leistungsverhältnis. In 2.400 Metern Tiefe wurde ein 85 Grad Celsius heißer Thermalwasserhorizont im Sandstein erschlossen, der nun über eine Produktions- und Injektionsbohrung genutzt wird. Das Projekt befindet sich in Poeldijk in direkter Umgebung zur Wohnbebauung, sodass während der gesamten Planungs- und Umset-

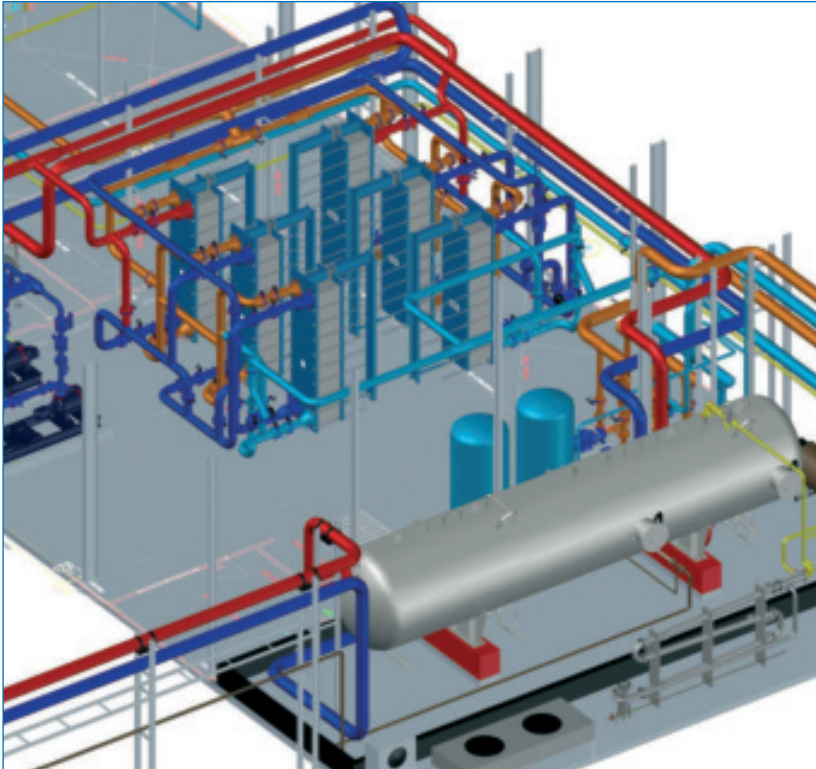


Abb. 1: Auszug aus dem 3D-Plan für das Geothermie-Heizwerk in Poeldijk. Besonders gut zu sehen sind im Gebäudeabschnitt die Wärmeaustauscher und der Degasser.
Quelle: gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH ■

zungsphase Lärmschutz eine wesentliche Rolle gespielt hat. Durch die Errichtung des Geothermie-Heizwerkes spart Aardwarmte Vogelaer nun jährlich circa 13,5 Millionen Kubikmeter Erdgas ein, d.h. es werden etwa 24.000 Tonnen Kohlenstoffdioxid weniger produziert (dies entspricht dem Verbrauch von rund 9.000 Haushalten). ■

Rahmendaten Heizwerk

Anlagentemperatur: 85 °C

Anlagendruck: 10 bar

Schüttung: 150 l/s

Leistung: 35 MWth

Bohrung: Dublette (jeweils

ca. 2.400 m true vertical depth) ■

Die Anlage(nplanung)

Aufgrund des äußerst natriumchloridhaltigen Thermalwassers wurden große Teile der obertägigen Anlage komplett aus glasfaserverstärktem Kunststoff geplant und erstellt. Dabei wurde auch die von der holländischen Geothermie-Vereinigung TNO empfohlene Messtechnik berücksichtigt. Über

Coupons (Metallblättchen) wird im Thermalwasser kontinuierlich eine Korrosionsmessung für verschiedene Metallarten durchgeführt. Darüber hinaus ist in der Anlage eine Inhibitoreinspeisung zur Vermeidung von Korrosion installiert.

Auf Basis der von gec-co verfassten technischen Due Diligence (Mach-

barkeit und Kosten) ist das Basic und Detail Engineering mit Hilfe von AutoCAD Plant 3D erstellt worden.

Das Basic Engineering umfasste konkret:

- Konzepterstellung auf Basis der technischen Due Diligence
- Technische Spezifikation- (Fließschema/Auslegungs- und Produktionsdaten)
- grundlegende Dimensionierung der Apparate
- Layoutplanung
- Grundlagenerstellung für die Genehmigungsplanung

Das Detail Engineering umfasste konkret:

- Rohrleitungsplanung
- Aufstellungs- und Layoutplanung
- Auslegung und Spezifikation von Komponenten
- EMSR (Elektro-Messen-Steuern-Regeln)
- Inbetriebnahmeplanung
- As-Built-Dokumentation

Es wurden 3D-Pläne, Rohrleitungsisometrien und 3D-Modelle nach Prozessingenieurstandards erstellt (Abb. 1). Im holländischen Markt waren bis dato 3D-Pläne für die Errichtung von geothermischen



Abb. 2: Ausschnitt aus der fertigen Anlage mit den 4,5 Meter hohen und 6,5 Tonnen schweren Wärmeaustauschern nach erfolgter Installation im Gebäude.
Quelle: gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH ■



Abb. 3: Eingängige Wärmetauscher im Einbauzustand.

Quelle: gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH ■

Heizwerken unbekannt. Die neue Qualität der Planungsunterlagen führte dazu, dass die Anlage nahtlos in ein von einem Architekten vorgegebenes Gebäude wartungsfreundlich eingeplant werden konnte. Auch bei der Auswahl der Wärmetauscher und weiterer Komponenten (beispielsweise Injektionspumpe) war gec-co maßgeblich beteiligt. Aufgrund der Parameter vor Ort empfahl sich ein robuster eingängiger Plattenwärmetauscher im Gegensatz zu den üblichen, mehrgängigen Wärmetauschern. Darüber hinaus wurde aufgrund der hohen Gaskonzentrationen des Thermalwassers in Poeldijk ein Gasabscheider mit einem Gaskessel mit einer Leistung von 6 MW_{th} eingebaut. Die durch das Gas erzeugte Wärme wird nun ebenfalls in das geothermisch geführte Fernwärmenetz eingespeist. Seit Februar 2017 befindet sich die Anlage in Betrieb (Abb. 2). Besonders der Einsatz von eingängigen **Wärmetauschern** (Abb. 3) ist in den geothermischen Heiz-

werken in den Niederlanden neu. Dieses neue Konzept sieht ein anderes Design der Wärmetauscher als bisher üblich vor. Bis zur Realisierung des Geothermie-Projektes in Poeldijk wurden vor allem 3-gängige Wärmetauscher eingesetzt, welche allerdings aufgrund der aggressiven Thermalwässer immer wieder mit Leckagen zu kämpfen hatten. Die nun eingesetzten eingängigen Wärmetauscher mit einem Gewicht von jeweils 6,5 Tonnen vermeiden durch ihre geringere Plattenanzahl große Ausdehnungen und vermeiden Leckagen. Zusätzlich verkürzen sie Wartungs- und Standzeiten, da keine Rohrleitungen demontiert werden müssen. Die Rohrleitungsanschlüsse befinden sich alle auf einer Seite (Abb. 4). Darüber hinaus wurden anstatt der fünf parallelen 3-gängigen Wärmetauscher zwei parallele Wärmetauscher-Straßen aufgebaut, die jeweils aus drei seriellen Apparaten bestehen. Gegenüber den parallelen 3-gängigen Wärmetauschern ermöglichen serielle eingängige Wärmetauscher eine Redundanz und eine jeweils einzelne Wartung, d.h. wenn ein Wärmetauscher zu Reinigungs- beziehungsweise War-

tungszwecken nicht in Verwendung ist, stehen noch fünf weitere zur Verfügung. Nicht nur die Art des Einsatzes der Wärmetauscher weicht von dem bis dato üblichen Schema ab, sondern jeder Wärmetauscher ist mit Double-block-and-bleed-Armaturen sowohl auf der Thermalwasser- als auch auf der Süßwasserseite ausgestattet. Zwischen diese Absperrventile ist ein Entlüftungsanschluss eingebaut, sodass der Wärmetauscher im laufenden Betrieb sicher abgesperrt und gewartet werden kann. Die Wärmetauscher sind wartungsfreundlich ins Anlagengebäude eingeplant, sodass eine Zugänglichkeit mit Hebebühnen von drei Seiten besteht.

Eine weitere Neuerung ist der Umgang mit den sogenannten **Booster-Pumpen**. In vergleichbaren Projekten in den Niederlanden werden diese Pumpen zur Druckerhöhung nach dem Entgaser eingesetzt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die starre Kopplung von Booster- und Injektionspumpen zu Schwierigkeiten und Druckspitzen führt. Für das Projekt in Poeldijk sind solche Pumpen durch intelligentes Anlagen-design vermieden worden. Durch



Abb. 4: Rohrleitungsanschlüsse der Wärmetauscher, die alle auf einer Seite liegen, um Wartungsfreundlichkeit zu gewährleisten.

Quelle: gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH ■



Abb. 5: Angelieferte GFK-Rohre auf der Baustelle des Geothermie-Heizwerkes in Poeldijk.

Quelle: gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH ■

die Anlagenplanung von gec-co wird ein sicheres Ausgasen mit etwas höherem Systemdruck im Entgaser ermöglicht. Dadurch entfallen die störanfälligen Booster-Pumpen, es werden Kosten reduziert und die Betriebsstabilität des Systems erhöht. Diese innovative Auslegung und Realisierung ist gleichzeitig Pilot für alle zukünftig gebauten Anlagen dieser Art.

Der **Entgaser** trennt das geförderte Thermalwasser in seine verschiedenen Phasen. Im Fall des Gewächshausprojektes von Aardwarmte Vogelaer enthält das Thermalwasser für jeden geförderten Kubikmeter Wasser etwa ein Kubikmeter Gas. Das heiße Wasser wird anschließend in den Wärmetauscher eingespeist. Das Gas wird einem Gaskessel zugeführt und zur weiteren Wärmeerzeugung genutzt. Die derzeitigen Förderraten lassen eine Gasnutzung von bis zu 350 Kubikmeter pro Stunde zu.

Um die Anlage stabil zu halten, wird das System und das zugehörige Abwasser während der Filterreinigung in einen separaten **Blow-down-Tank** geführt, um die Betriebsstabilität zu erhöhen und die Filterreinigung bei niedrigem Druck durchführen zu können. Die Entlüftung ist somit sicher von der Hauptanlage getrennt, dementsprechend niedriger ist der Druck für das Spülen der Filter mit Stickstoff. Dies

erhöht die Arbeitssicherheit signifikant. In der Praxis kann die Anlage auch Kohlenstoffdioxid abscheiden, um es anschließend in den Gewächshäusern zu verwenden. Allerdings ist diese Technik gegenüber konventioneller Kohlenstoffdioxideinspeisung noch zu teuer.

Eine weitere Besonderheit ist die Ausführung der gesamten Anlage in **Glasfaserverstärktem Kunststoff** (GFK) (Abb. 5). Die Thermalwasseranalyse für das Projekt der Aardwarmte Vogelaer hat ergeben, dass sich im Thermalwasser vor allem korrosive Stoffe, Blei und radioaktive Elemente befinden. Mögliche Kalkausfällungen, wie sie beispielsweise im bayerischen Molassebecken der Fall sind, treten nur am Rande auf. Daher bestimmte das aggressive Thermalwasser die Materialauswahl: Glasfaserkunststoffe sind besonders unempfindlich gegenüber korrosiven Inhaltsstoffen des Thermalwassers. Hinzu tritt eine besonders strömungsgünstige Auslegung der Anlage mit einem Anlagendruck von unter 10 bar, um druckinduzierte Korrosion und Ausfällungen zu vermeiden. Zusätzlich weisen GFK-Rohre geringere Installations- und Wartungskosten auf, da sie nicht korrosionsanfällig sind und weniger Abnutzungserscheinungen auftreten. Außerdem weisen die einzelnen GFK-Teile grundsätzlich eine längere Lebenszeit auf.

Andere anlagentypische Komponenten, wie beispielsweise das **Filtersystem** (Abb. 6), sind ebenfalls auf die Erfordernisse des Thermalwassersystems ausgelegt. Um den Wärmetauscher vor Sand, kleinen und kleinsten Partikeln sowie korrosiven Stoffen zu schützen, wurde das Filtersystem zweistufig aufgebaut. Zwischen Ausgaser und Wärmetauscher erfolgt eine Filtration sowohl über Kerzen- als auch Korbfilter. Insbesondere um die Injektionsfähigkeit der Injektionsbohrung zu erhalten, wurde die Filterfeinheit der Kerzenfilter sehr engmaschig geplant (bis zu 0,5 Mikrometer). Beim Design der Filtration wurde auch die Wartungsfreundlichkeit berücksichtigt.

Weitere Anlagenteile, wie das Entlüftungssystem, Überdruckabsicherung sowie das Automation und Leitsystem sind ebenfalls an den Bedürfnissen des Projekts beziehungsweise des Heizwerkes ausgelegt worden. ■

Die Betriebserfahrungen

Inzwischen ist das Geothermie-Heizwerk der Aardwarmte Vogelaer etwa anderthalb Jahre in Betrieb. Während das Fernwärmenetz mit einer maximalen Anschlussleistung von 35 MWth auf eine Länge von insgesamt 20 Kilometern ausgebaut wird (Vorlauftemperatur 85 °C, Rücklauftemperatur 30 °C), haben sich alle an die GFK-Anlage gerichteten Erwartungen vollauf erfüllt. Die eingesetzten GFK-Anlagenteile (insbesondere Verrohrung und Instrumentierung) weisen auch nach 16 Monaten Einsatz keinerlei Verschleiß oder Korrosion auf. Besonders das neuartige Wärmeübertragerkonzept mit seinem modularen Single-Pass-System bedeutet eine erhebliche Kostenersparnis. Dank des modularen Aufbaus der Wärmeübertrager konnte so eine von Korrosion betroffene Wärmeübertragerstufe gewartet und durch höherwertige



Abb. 6: Filtertribüne im Heizwerk mit den Kerzenfiltern.

Quelle: gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH ■

ges Material ersetzt werden, ohne die gesamte Anlage abzuschalten. Auch die Kombination der Thermalwasseranlage mit einem Entgaser liegt über den prognostizierten Erwartungen. Inzwischen hat sich auch durch die anhaltende gute Filtration des Filtersystems gezeigt, dass die installierten Re-Injektionspumpen außer Betrieb genommen werden können. Dadurch sinkt der Energieeigenbedarf der Anlage und die Kosten werden reduziert.

Letztendlich hat sich das neuartige Anlagenkonzept in allen Bereichen (Betrieb und Wartung) bewährt. Die Anlagenkomponenten sind dank frühzeitiger Planung optimal aufeinander abgestimmt. ■

Die Zukunft

Perspektivisch sollen alle geothermischen Heizwerke auf dieselbe Art und Weise ausgerüstet werden, wie die Anlage von Aardwarmte Vogelaar. Insbesondere die Ersparnis der Booster-Pumpen ist hier wegweisend. Ziel ist, die Wärmegestehungskosten aus Geothermie niedrig zu halten, um mit Erdgas und anderen Technologien konkurrieren zu können. Der besondere Vorteil Tiefer Geothermie, geringe oder gar keine Arbeitspreise zu

verursachen, muss sich in einer entsprechend haltbaren Anlagentechnik widerspiegeln. Weniger Komponenten bedeuten geringe Wartungskosten und kurze Standzeiten. GFK-Elemente werden in deutschen Geothermie-Projekten auch seit einer Zeit eingesetzt, um verschleißbedingte Wartungsintervalle zu verlängern und Kosten zu reduzieren. Auch der im Kontrast zu Deutschland ungewöhnliche Projektverlauf setzt sich in Holland weiter durch. In den Niederlanden wird in der Regel die Anlage bereits während der Bohrphase errichtet – in Deutschland dagegen werden üblicherweise die Ergebnisse der Pumpentests abgewartet, ehe die Planung und Errichtung der Anlage beginnt. Aardwarmte Vogelaar/Verkade Klimaat beziehungsweise gec-co konnte durch die parallelen Arbeiten erhebliche Kosten bei Planung und Errichtung des Heizwerks einsparen, da aufwendige Umplanungsprozesse entfallen und keine Wartezeiten auftreten. Die geringen Wärmegestehungskosten des Geothermie-Heizwerkes führen unterdessen auch zu einem Umdenken bei anderen Gewächshausbetreibern. Potenzielle Unabhängigkeit von Energieimporten, Förderungen von eigenem Methangas und

Kohlenstoffdioxid sowie daraus resultierende niedrige Wärmegestehungskosten ermöglichen es, niederländischen Gewächshausbetreibern preis- und konkurrenzfähig auf dem internationalen Lebensmittelmarkt zu bleiben. Gerade vor dem Hintergrund der Kostendiskussion in Deutschland bei Tiefe-Geothermie-Anlagen ist das holländische Modell (frühzeitige Planung, Errichtung der Anlage im Bohrbetrieb) die Zukunft, um kostengünstiger zu werden. Inzwischen hat Wärme aus Tiefer Geothermie auch in Deutschland für Gewächshausbetreiber an Attraktivität gewonnen, da lokales beziehungsweise regionales Gemüse immer mehr in den Trend kommt. Im bayerischen Kirchweidach wird daher Gemüse in einem geothermisch beheizten Gewächshaus für die Region angebaut und geerntet – ein weiteres Projekt an dem gec-co beteiligt ist. ■

Autoren:



Thorsten
Weimann
(CEO)



Markus Ruff

gec-co Global Engineering &
Consulting-Company GmbH

Bürgermeister-Wegele-Str. 6
86167 Augsburg
Tel.: 0821 5699300-0
info@gec-co.de
www.gec-co.de

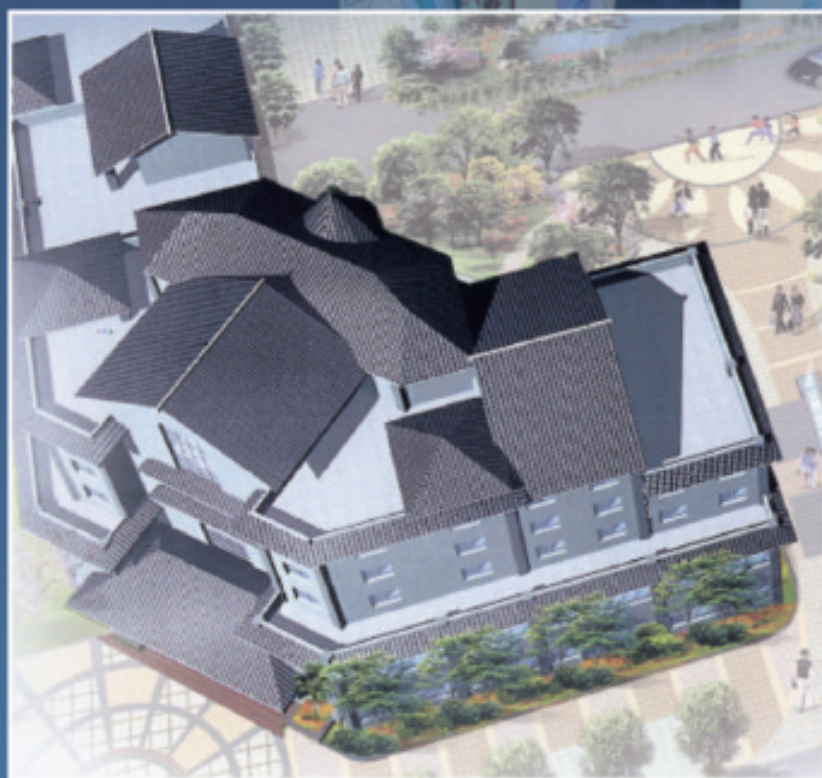


WENN ICH KAISER VON CHINA WÄRE...

... dann würde ich noch heute mit dem Bau von 100 Waisenhäusern beginnen.

Kaiser bin ich nicht.

So bin ich in besonderer Weise auf Ihr Engagement angewiesen.



Mit einer großzügigen Spende von AUDI und weiteren helfenden Händen konnte 2009 in Dazhou (Provinz Sichuan) ein Waisenhaus für 200 hilfsbedürftige Waisenkinder eröffnet werden.

Heping Wang, Leiter des Kinderdorfes in Dazhou schreibt:

„...die selbstlose Hilfe, die Ihr Verein und AUDI unserem Kinderdorf gewährte, hat uns unerschöpfliche Kraft gegeben. Ein Land hat Grenzen, aber die Liebe ist grenzenlos!“

Das 2. Waisenhaus soll in der Zentralprovinz Henan entstehen. Der Plan und eine Animation liegen vor. Helfen Sie durch Ihre Mitgliedschaft oder eine Spende Waisenkinder in China eine perspektivische und lebenswürdige Zukunft zu ermöglichen.



Walter Fürst
c/o **Verein zur Förderung
chinesischer Waisenkinder e.V.**
Aachener Str. 11, 80804 München
E-mail: fuerst-walter@gmx.de
www.chinawaisen.de

Spendenkonto: HypoVereinsbank, IBAN: DE94700202700657613150, BIC: HYVEDEMMXXX

Strom und Wärme für Holzkirchen – der lange Weg zum Erfolg

Scheitern und Aufstehen

Zur Sicherung einer klimaschonenden und unabhängigen Energieversorgung entschloss sich der Markt Holzkirchen, die Herausforderung Geothermie anzugehen und erhielt 2006 eine Aufsuchungserlaubnis. Allen Hürden zum Trotz ist das Projekt auf dem besten Weg, ein voller Erfolg zu werden. Als Geothermieprojekt der zweiten Generation nutzte Holzkirchen stets alle Erfahrungen der Vorreiter im Großraum München und setzte auf eine intensive planerische Vorbereitung. Eine 3D-Seismik bestätigte 2011 die geologischen Annahmen. Die Wirtschaftlichkeitsanalysen fielen positiv aus und überzeugten auch die Banken, so dass die Darlehensfinanzierung gesichert war. Der Einsatz des kommunalen Eigenkapitals sollte durch eine Fündigkeitsversicherung vor dem Totalverlust bewahrt werden. Nach dem energetischen Konzept hätte ganz Holzkirchen mit Wärme versorgt und ein Kraftwerk mit einer Leistung von ca. 6 MWel installiert werden können. Diesem Vorhaben stimmte der Marktgemeinderat im März 2012 einstimmig zu. Die Fündigkeitsversicherung war die Basis dafür. [GGSC] verhandelte sie in Zusammenarbeit mit Geologen und dem Versicherungsmakler mit dem einzigen Anbieter am Markt, der Munich-Re. Bei solchen Policen müssen

die Schnittstellen aus Geologie, Bohrtechnik, Kraftwerkseffizienz, Bankenfinanzierung und Versicherungsrecht beherrscht werden. Als die Police im Sommer 2013 nahezu endverhandelt war, zog sich der Versicherer aus dem Markt zurück, nachdem zwei Schadensfälle eingetreten waren (Projekte Traunreut und Geretsried).

Ohne Versicherung belief sich das Risiko bei vermindertem oder gar ganz ausbleibenden Bohrerfolg für Holzkirchen auf deutlich über 20 Mio. €; das war für die Marktgemeinde nicht tragbar und das sorgfältig vorbereitete Projekt – die Verträge für die Bohrarbeiten waren unterschrittsreif – war damit faktisch gescheitert. Die Suche nach alternativen Versicherungslösungen verlief erfolglos. Holzkirchen musste also ein gänzlich neues Konzept entwickeln. Ohne Fündigkeitsversicherung war es zwingend nötig, die Risikoinvestitionen (also die Bohrkosten) auf ein akzeptables Maß zu senken. Dazu wurde sogar die Nutzbarmachung (Aufwältigung) einer früheren Kohlenwasserstoff-Bohrung im Gemeindegebiet untersucht. Dabei prüfte [GGSC] bergrechtliche Fragen (u.a. zur Aneignung verfallter Bohrungen) und begleitete den Kauf von Unterlagen vom zuvor bergrechtlich Verantwortlichen. Die geologische Prüfung dieser Unterlagen ergab jedoch,

dass die Bohrung für die beabsichtigten Zwecke ungeeignet ist. Letztlich erwies sich in allen [GGSC]-Wirtschaftlichkeitsanalysen und Szenariobetrachtungen ein Konzept mit verkleinerten Bohrdurchmessern als der vorzugswürdige Ansatz, um mit dem gegebenen Risikokapital zur Geothermieversorgung zu gelangen. Dieses Konzept mit „schlanker“ Dublette und kleinerem Kraftwerk von knapp 3 MWel wurde nach gründlicher Prüfung und intensiver Diskussion vom Marktgemeinderat im April 2015 beschlossen.

Das [GGSC]-Team hat Holzkirchen seit über zehn Jahren in allen wirtschaftlichen, finanziellen und rechtlichen Belangen des Geothermieprojekts beraten. Dabei gibt es eine überaus erfolgreiche Zusammenarbeit mit allen Beratern des Auftraggebers, insbesondere der Erdwerk GmbH für die Bereiche Geologie und Bohrtechnik, der enpros consulting GmbH bei der Kraftwerkslieferung und dem Versicherungsmakler NW Assekuranz. Gleiches gilt für die renerco plan consult GmbH bzw. die Süddeutsche Geothermieprojekte GmbH & Co. KG (der ehemalige Joint-Venture-Partner). ■

Projektstatus und Versorgungskonzept

Im Januar 2016 begann die ausgewählte Bohranlage (die bereits im

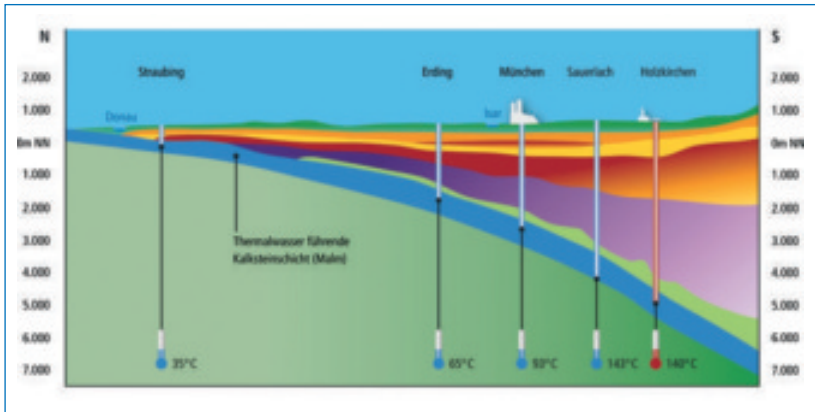


Abb. 1: Quelle: Hoch 3 GmbH, München ■

ersten bayerischen Geothermieprojekt in Pullach zum Einsatz kam), ihr Werk zu verrichten. Die Bohrarbeiten sind 2017 erfolgreich abgeschlossen worden. Es kann Thermalwasser mit einer Schüttung von 55 l/s und einer Temperatur von 152°C aus einer Tiefe von etwa 5.000 Metern gefördert werden. Die konservative Planung mit 140°C (Abb. 1) wurde damit deutlich übertroffen. Das ermöglicht es, ein Kraftwerk mit einer Leistung von ca. 3,3 MWel (im Jahresmittel) und ca. 4 MWel (in der Spitze) zu betreiben sowie langfristig jährlich ca. 35 GWh Wärme an die Gemeindewerke Holzkirchen GmbH zu liefern, die damit Bürger und Unternehmen im Ort mit ökologischer Fernwärme versorgt. Im Herbst 2018 soll die Wärmelieferung beginnen. Das Turboden-Kraft-

werk wird derzeit errichtet. Im Januar 2019 soll erstmals Strom eingespeist werden. Der Auftraggeber setzt dabei ganz auf geothermieerfahrene Unternehmen und bewährte Technik. Insbesondere handelt es sich um einen ORC-Kreislauf, man hatte sich bei der Vorbereitung der EU-weiten Ausschreibung im Frühjahr 2016 bewusst gegen ein Kalina-Kraftwerk entschieden. Im neuen Versorgungskonzept steht die Wärmeversorgung im Vordergrund. Die ungenutzte Wärme wird zur Stromproduktion verwendet. Während der Laufzeit der EEG-Vergütung wird der Geothermiestrom solange ins Netz eingespeist, wie der Eigenbedarf günstiger durch Bezug von den Gemeindewerken gedeckt werden kann. Das langfristige Absatzpotential in Holz-

kirchen liegt bei ca. 60 GWh p.a. Aus der bestehenden Dublette ist geplant, im Endausbau rund 35 GWh p.a. für die Wärmeversorgung bereitzustellen.

Für die Energieversorgung steht eine Leistung der Dublette von ca. 24,5 MWth zur Verfügung (Schüttung von 55 l/s, Förder-temperatur von 152°C bei einem Verlust von 2 Kelvin am Wärmetauscher sowie einer Rücklauf-temperatur am Bohrlochkopf von 40°C). Die Grafik in Abb. 2 stellt das Energie-/Versorgungskonzept mit u.a. der Jahresdauerlinie im Endausbau dar.

Die bei einer Leistung von 24,5 MWth theoretisch verfügbare geothermische Energie übersteigt deutlich den Spitzenbedarf für die Wärmeversorgung. Die benötigte Wärmemenge zeigen die blaue und die orange Fläche. Das ungenutzte geothermische Energiepotenzial wird in Abb. 2 als blaue Linie dargestellt; bezogen auf das gesamte Jahr werden rund 81% der verfügbaren Energiemenge nicht zur Wärmeversorgung genutzt (die Fläche unter der roten Linie), sondern dem nachgelagerten Stromprozess zugeführt. ■

Wirtschaftlichkeit

In Kooperation mit Planern und Projektingenieuren hat [GGSC] bereits 2009 für das Projekt Holzkirchen eine komplexe dynamische Projektsimulation mit integrierter Planungsrechnung ([GGSC]-Finanzmodell) mit Abbildung aller Finanzströme auf MS-Excel-Basis mit verschiedenen Szenariobetrachtungen auf einen Zeitraum von 30 Jahren erstellt, um die Wirtschaftlichkeit zu untersuchen und alle denkbaren Szenarien einem Stresstest zu unterziehen.

Diese ausgefeilte betriebswirtschaftlich, technisch und energetisch integrierte Wirtschaftlichkeitssimulation mit Variabilität aller relevanten Projektparameter

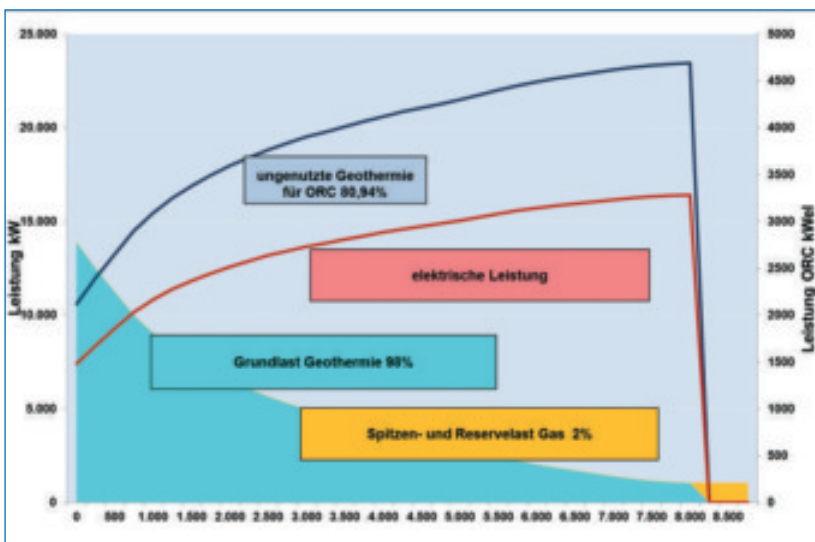
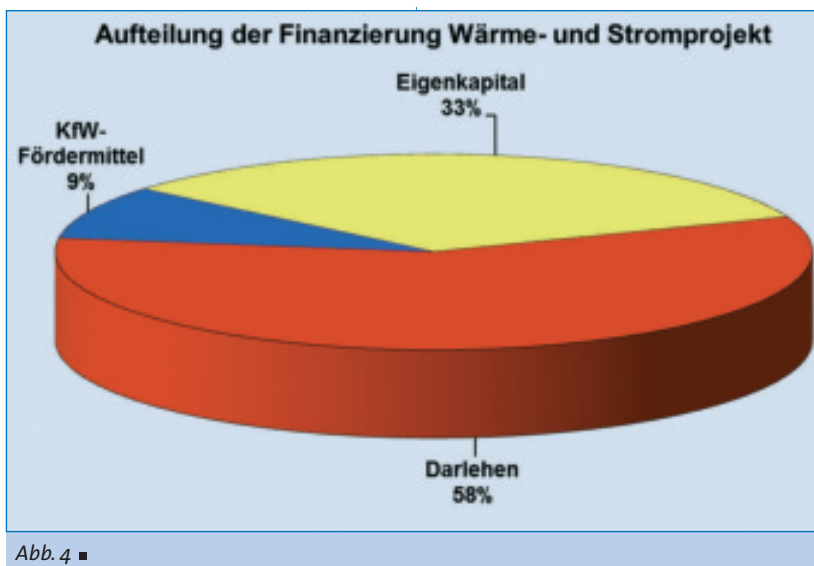


Abb. 2: ■



dient als Grundlage für die Entscheidung über die Projektumsetzung, für die Verhandlungen mit Banken sowie für das Beantragen von Fördermitteln zur Finanzierung des Projekts. Die Simulationsrechnung wird bis heute laufend aktualisiert und an die aktuellen Projektgegebenheiten angepasst.

Das Projektfinanzierungsvolumen beträgt ca. 62 Mio. € (Investitionen für die Bohrdublette von 35,5 Mio. € und für das Kraftwerk von 23 Mio. € sowie für weitere Technik von 3,5 Mio. €, einschließlich negativer Cashflows und Bauzeitinsen). Die Investitionen verteilen sich wie Abb. 3. Die Projektgesellschaft baut kein Fernwärmenetz, sie liefert

Wärme an die Gemeindewerke Holzkirchen GmbH. Sie verfügt bereits über knapp 25 Kilometer Fernwärmenetz, das sie weiter ausbauen will.

[GGSC] hat die Gemeindewerke Holzkirchen und ihre Projektgesellschaft bei der Strukturierung der Projektfinanzierung mit öffentlichen Banken begleitet. Das Projekt wird finanziert mit Darlehen der Konsortialpartner BayernLB, LfA sowie der Kreissparkasse Miesbach-Tegernsee (36 Mio. €) sowie mit Fördermitteln der KfW (5,5 Mio. €). Die übrigen 20,5 Mio. Euro wurden vom Markt und den Gemeindewerken aufgebracht. [GGSC] hat die Gespräche mit dem Bankenkonsortium bis zur Kreditent-

scheidung zur Finanzierung der Bohrdublette und des Heizkraftwerks geführt. Hervorzuheben ist, dass in Holzkirchen erstmals KfW-Fördermittel (aus dem Programm EEPremium) für ein kombiniertes Wärme- und Stromprojekt eingesetzt werden können (vgl. Abb. 4). Das Projekt wird mit der Kraftwerksinbetriebnahme im Jahr 2019 wirtschaftlich arbeiten. Seine Umsätze (die blaue Erlöslinie in Abb. 5) werden sich dann im Wesentlichen abhängig vom Ausbau der Wärmelieferung weiterentwickeln. Eine gute Kapitaldienstdeckungsfähigkeit ist durchgehend sichergestellt, darauf haben die Banken großen Wert gelegt. Die freie Liquidität (EBIT-DA) liegt deutlich über der roten Linie, die den Kapitaldienst an die Banken zeigt. Aus Abb. 5 ist die prognostizierte Ertragsentwicklung im Wärme- und Stromprojekt Holzkirchen in den nächsten 26 Jahren ersichtlich.

Die Projektrendite ist für ein kombiniertes Wärme- und Stromprojekt angemessen. Solche Projekte erzielen typischerweise Gesamtkapitalrenditen von 5 bis 8%. Verbessern lässt sich die Projektwirtschaftlichkeit durch weitere Bohrungen, weil dabei Lern- und Skaleneffekte genutzt werden.

Da bisher alles nach Plan verläuft, gehen die Beteiligten davon aus, dass auch die Wirtschaftlichkeitsprognosen von der Realität bestätigt werden. ■

Private Investor Test

Zwar stehen bei Geothermieprojekten wirtschaftliche Aspekte im Vordergrund, aber es stellen sich auch zahlreiche Rechtsfragen. Das beginnt schon bei der Finanzierung. Für den Einsatz „staatlicher“ Mittel zur Finanzierung (hier die Eigenkapitalzufuhr in das Projekt) macht das EU-Recht strenge Vorgaben. Um die Beihilfenrechtskonformität zu prüfen bzw. sicherzustellen, dass die Mittelzufuhr nicht beihilfenrechts-

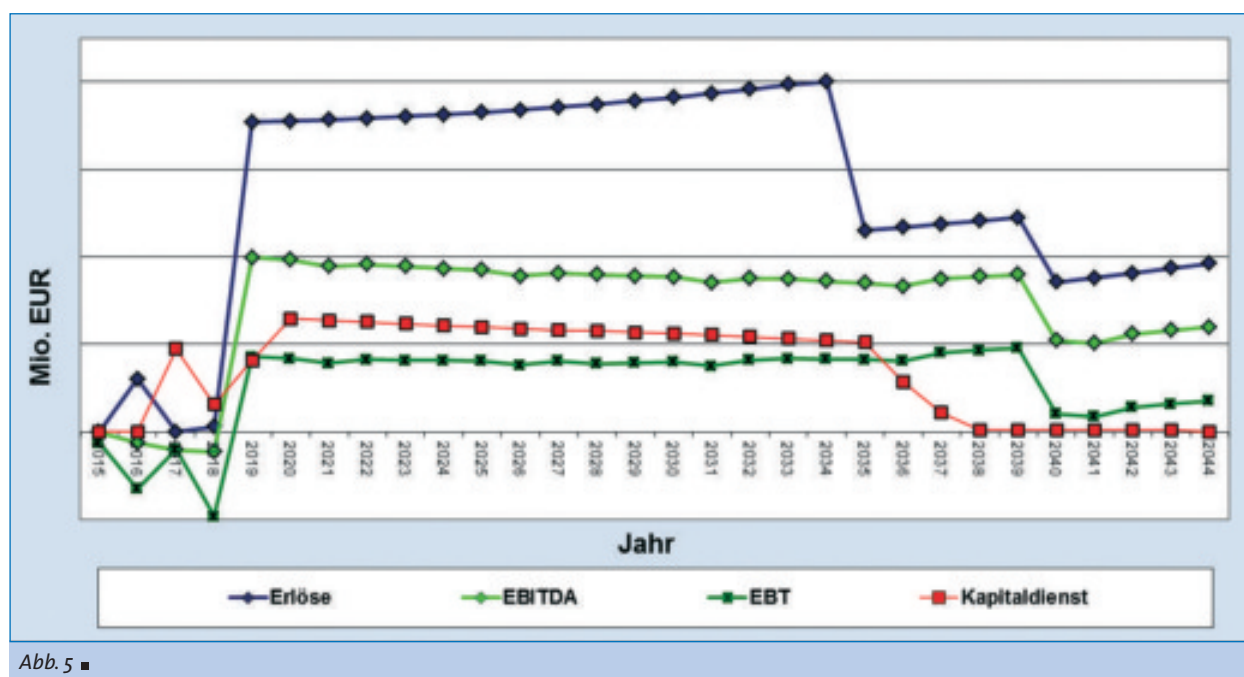


Abb. 5 ■

widrig erfolgt, ist ein umfangreicher Prüfbericht zur Marktüblichkeit von Kapitalausstattungen der Projektgesellschaften (Private-Investor-Test) erforderlich, den [GGSC] sowohl für das alte als auch das neue Projekt erstellt hat. Dabei werden u.a. Kapitalkosten ermittelt und Renditen nach verschiedenen betriebswirtschaftlichen Methoden verglichen. ■

Bohrvertragskonzept und Bohrvergabe

Im Frühjahr 2012 konzipierte [GGSC] gemeinsam mit Erdwerk für die Bohrarbeiten ein Ausschreibungskonzept, das (anders als bis dahin in der Geothermie üblich) keinen Generalunternehmervertrag für das Bohren vorsah, sondern eine EU-weite Vergabe von rund 15 einzelnen Gewerken.

Die zugrunde liegenden Verträge sowie die übrigen Vergabeunterlagen einschließlich Zuschlagsmatrix waren ein Novum in der Bohrbranche, haben sich jedoch seitdem durchgesetzt und Eingang in andere Projekte gefunden. Das Verhandeln der für die Unternehmen ungewohnten Klauseln dauerte, erst im Sommer 2013 lagen Vergabeempfehlungen vor.

Nach dem Aus für die Dublette mit großen Durchmessern bot sich im Herbst 2014 eine neue Chance: historisch niedrige Bohrkosten ermöglichten für Holzkirchen ein Projektkonzept mit verkleinertem Zuschnitt. Schon im Frühjahr 2015 wurden die Vergabeunterlagen dafür fertiggestellt und die Vergabeverfahren begonnen. Erneut verhandelten [GGSC] und Erdwerk mit den Liefer- und Servicefirmen die Verträge, erstellten die Vergabeunterlagen, werteten die Angebote aus und gaben noch im Sommer die Vergabeempfehlungen für Gewerke, welche eine lange Vorbereitungszeit benötigen. Während dessen wurden die Verhandlungen mit den übrigen Gewerken zu Ende geführt und auch diese beauftragt, so dass diesmal bereits neun Monate nach den EU-Bekanntmachungen mit den Bohrarbeiten begonnen werden konnte.

In der Bohrphase beriet [GGSC] den Auftraggeber bei der Abwehr unberechtigter Forderungen der Auftragnehmer und bei der Schadensregulierung, wodurch die Kosten um einen hohen sechsstelligen Betrag verringert wurden. ■

Kraftwerkslieferungsvertrag und Kraftwerksvergabe

Parallel zu den Bohrarbeiten unterstützte [GGSC] Holzkirchen auch umfassend bei der Kraftwerksbeschaffung. Bereits die Markterkundung zur Auswahl des Ingenieurbüros hatte [GGSC] begleitet. Gemeinsam mit dem ausgewählten Büro enpros führte [GGSC] sodann eine Markterkundung mit namhaften Lieferanten von Geothermiekraftwerken durch, um das Vergabekonzept und die Vergabeunterlagen optimal auf die Hauptaufgabe zuzuschneiden: die Inbetriebnahme des Kraftwerks vor dem 01.01.2018. Nach der damaligen Rechtslage setzte an diesem Stichtag die Degression der EEG-Vergütung ein, was beim Projekt zu einem Verlust von rund 5 Mio. € geführt hätte. Nach erfolgreichem Abschluss dieser Markterkundung entschied man sich erneut gegen ein GU-Konzept, aber auch gegen die Vergabe von über 20 Einzellosen. Holzkirchen wählte mit einem kosten-, zeit- und schnittstellenoptimierten Konzept den Mittelweg. Dazu erstellten enpros und [GGSC] gemeinsam die EU-Bekanntmachung für die vier dringlichsten Lose: ORC-

Kreislauf, Thermalwassersystem sowie Leit- und E-Technik. Ferner konzipierten sie für diese Lose maßgeschneiderte Verträge mit scharfen Sanktionen bei Verfehlen der avisierten Termine und der ertragsrelevanten Kennwerte (Verfügbarkeit, Kraftwerksleistung, Eigenbedarf, Druckverlust etc.).

Mitten hinein platzte die Änderung des EEG, welche u.a. die Degression ins Jahr 2021 verschob. Gemeinsam mit dem Auftraggeber wurde entschieden, die Verhandlungen bis zum Vorliegen der Testergebnisse für die zweite Bohrung auszusetzen. Die Testarbeiten ergaben dann mit 152°C eine sehr hohe Temperatur des Thermalwassers und so eine erfreulich hohe thermische Leistung der Dublette. Die Vergabeunterlagen wurden daraufhin von enpros und [GGSC] umfangreich an die veränderten Umstände angepasst und erneut mit den Bietern verhandelt. Das Kraftwerk konnte im August 2017 bestellt werden, die übrigen Lose folgten sukzessive bis April 2018. In dieser Phase vertrat [GGSC] den Auftraggeber auch vor der Vergabekammer Südbayern, weil ein Bieter für das Thermalwassersystem die vorgesehene Auftragsvergabe gerügt hatte. Das Verfahren wurde aufgrund der ohnehin vorgenommenen Ände-

rung der Vergabeunterlagen eingestellt. Diese Änderungen führten zu Ersparnissen von rund 200.000 € für den Auftraggeber. ■

Versicherungskonzept

Während der gesamten Projektdauer berät [GGSC] gemeinsam mit der NW-Assekuranz den Auftraggeber bei den Versicherungen für das Projekt. Das betrifft etwa Fragen der Haftung nach dem Bundesberggesetz während der Bohrarbeiten oder beim Betrieb des Kraftwerks. In der Bohrphase war die Bauleistungsversicherung einschließlich Lost-in-Hole von essentieller Bedeutung. Das Maklerbüro NW-Assekuranz und [GGSC] haben die Versicherung gemeinsam verhandelt und den Auftraggeber bei der Bauüberwachung sowie der Schadensregulierung umfassend beraten. Mehrere Schäden wurden reguliert, im Ergebnis für den Auftraggeber sehr zufriedenstellend. Auch die Bauleistungs-, Transport- und Montageversicherung für den Kraftwerksbau haben NW-Assekuranz und [GGSC] verhandelt und mit dem Kraftwerkslieferungsvertrag synchronisiert. ■

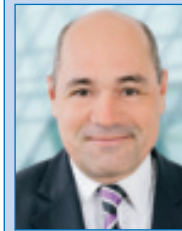
Sonstige Rechtsthemen

In allen Projektphasen hat [GGSC] Holzkirchen auch bei zahlreichen Einzelfragen beraten.

Das betrifft etwa Organisationsrecht beim innovativen Finanzierungsmodell mittels einer Anstalt des öffentlichen Rechts, das in diesem Projekt erstmals Anwendung fand. Ferner hat [GGSC] den Wärmeliefervertrag zwischen der Geothermie Holzkirchen GmbH und den Gemeindewerken entworfen.

Aspekte im Bergrecht und im EEG haben ebenfalls häufig eine wichtige Rolle gespielt. Beispielsweise erstellte [GGSC] für Holzkirchen Rechtsgutachten zur Bruttostromvergütung und zum Inbetriebnahmebegriff des EEG. Nach all dem Aufwand freuen sich alle Beteiligten auf eine erfolgreiche Kraftwerksinbetriebnahme im Jahr 2019! ■

Autor:



Dr. rer. pol.
Thomas Reif

Dipl.-Volksw.,
Rechtsanwalt,
FA für Steuerrecht

[Gaßner, Groth, Siederer & Coll.]
Partnerschaft von Rechtsanwälten mbB

Provinostasse 52
86153 Augsburg
Tel.: 0821/74 77 82-0
Fax: 0821/74 77 82-10
reif@ggsc.de
www.ggsc.de
www.geothermiekompentz.de



www.media-mind.info

Wir stellen die Zukunftstechnologien aus Bayern noch mehr ins Rampenlicht, damit mehr interessierte Menschen mehr zukunftsweisende Informationen aus Forschung, Entwicklung und Anwendung erhalten.

Unsere Magazine stehen Ihnen auch elektronisch zur Verfügung. Nehmen Sie einen echten "Mehrwert" in Anspruch!



media mind GmbH & Co. KG
80992 München, Hans-Bunte-Str. 5
Tel.: 089/23 55 57-3, Fax: 089/23 55 57-47
E-Mail: mail@media-mind.info

bayern innovativ

Bildquelle: Fotolia/dell

Bayern Innovativ
Bayerische Gesellschaft für Innovation
und Wissenstransfer mbH
Gewerbemuseumsplatz 2
90403 Nürnberg
T +49 911 20671-0
info@bayern-innovativ.de

www.bayern-innovativ.de

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



Magazinreihe

Zukunftstechnologien in Bayern

