

Verbandsversammlung am 09. Dezember 2022

- öffentlich -

Vorlage zu TOP 4

Potenziale der Tiefengeothermie in der Region Bodensee-Oberschwaben als Chance für die Wärmeversorgung

- Vortrag Prof. Dr. Ingrid Stober, Apl. Professorin für Geologie (Hydrogeologie), Universität-Freiburg, Landesforschungszentrum Geothermie (LFZG)
- Vortrag Benjamin Richter, Dipl.-Betriebswirt (FH), Rödl & Partner München (Entwicklung, Umsetzung und Finanzierung von Geothermieprojekten)

Kenntnisnahme

1 Grundlagen

Geothermie (Erdwärme) ist die unterhalb der festen Oberfläche der Erde gespeicherte Wärmeenergie. In Baden-Württemberg nimmt die Temperatur um etwa 3 °C pro 100 Meter Tiefe zu. Im Erdkern werden Temperaturen von etwa 5.000 - 7.000 °C erreicht. Tiefengeothermie ist die Nutzung von Erdwärme der Erdkruste durch Bohrungen tiefer als 400 m.

Aktuell kennt man den Nutzen der Geothermie vor allem von den oberschwäbischen Bädern wie Aulendorf, Bad Saulgau, Bad Schussenried, Bad Waldsee, Bad Wurzach, Bad Buchau, aber auch Biberach, Meersburg und Überlingen, insgesamt gibt es ca. 35 Thermen in Baden-Württemberg. Hier werden häufig wasserführende Horizonte um ca. 1000 m Tiefe genutzt. In Überlingen beträgt die Wassertemperatur z.B. 36° bei 1000 m Tiefe.

Zudem gibt es ca. 440.000 Anlagen, die oberflächennahe Geothermie, also in einer Tiefe < 400 m in Deutschland als Erdwärmesonden oder -kollektoren in Verbindung mit Wärmepumpen nutzen. (Quelle: <https://www.geothermie.de/aktuelles/geothermie-in-zahlen.html>)

Grundsätzlich gibt es diverse Möglichkeiten die Erdwärme zu nutzen:

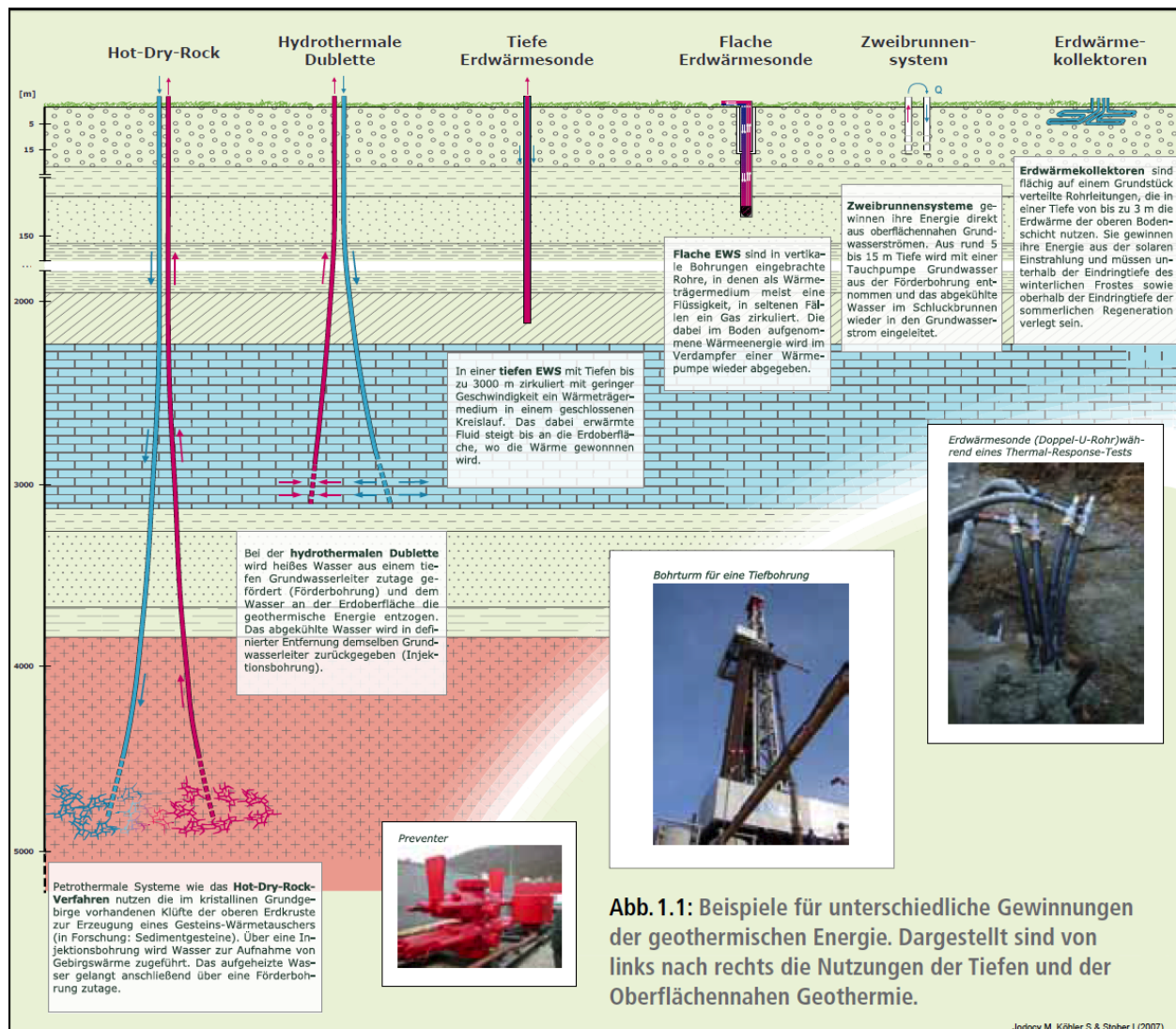


Abb. 1.1: Beispiele für unterschiedliche Gewinnungen der geothermischen Energie. Dargestellt sind von links nach rechts die Nutzungen der Tiefen und der Oberflächennahen Geothermie.

Abb.1: Nutzungen der Tiefen und der Oberflächennahen Geothermie (Quelle: Handlungsleitfaden Tiefengeothermie, LFZG, 2017)

Für die Nutzung der Tiefengeothermie bieten sich in Baden-Württemberg vor allem der Oberrheingraben und das Oberschwäbische Molassebecken an. In diesen Gebieten liegen sogenannte positive Temperaturanomalien vor, d. h. in der Tiefe werden deutlich höhere Temperaturen angetroffen als im restlichen Baden-Württemberg. Geothermische Nutzhorizonte im baden-württembergischen Molassebecken sind v.a. der Obere Muschelkalk und der Oberjura.

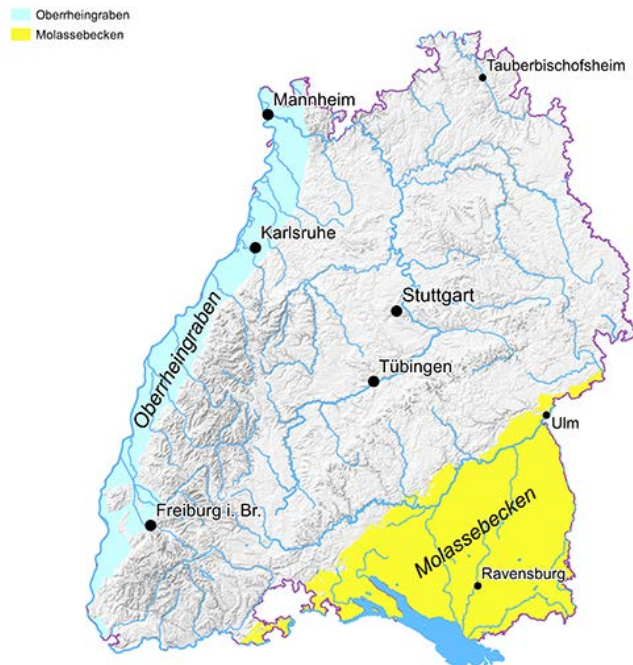


Abb.2: Geothermische Nutzhorizonte (Quelle: <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/geothermie/tiefe-geothermie/tiefe-geothermie-baden-wuerttemberg>)

Zur Wärmeengewinnung konzentriert sich die Tiefengeothermie in Baden-Württemberg auf sogenannte hydrothermale Systeme. Dabei wird mit Hilfe von Förderbohrungen und Injektions- (Wasser-Rückführungs-) Bohrungen die thermische Energie (Wärme) eines porösen, meist auch geklüfteten tiefliegenden Warmwasseraquifers genutzt. An der Oberfläche wird die geothermische Energie über Wärmeüberträger (Wärmetauscher) direkt einem Abnehmer oder aber einem Wärmenetz oder einer Kraftwerksturbine zur Stromerzeugung zugeführt. So bleibt über Tage der Kreislauf im Betrieb geschlossen, damit kein Tiefenwasser mit oberflächennahem Grundwasser vermischt wird. (Quelle: www.lfzq.de – FAQ)

Die Anlagen mit hydrothormaler Nutzung bilden große Leistungseinheiten und sind so in der Lage über Fernwärmesysteme viele Abnehmer zu versorgen. Für die Abnehmer hat dies zusätzliche Vorteile, z.B. ersetzt ein kleiner Hausanschluss einen Heizungskeller (z.B. Heizkessel inkl. ggf. Öltank), und reduziert damit auch entsprechende Wartungskosten.

Aufgrund des jahrzehntelangen – auch wirtschaftlichen – Erfolges der Tiefengeothermie im Großraum Paris werden die dortigen Systeme erweitert. Auch im Großraum München existieren zahlreiche erfolgreiche Projekte, deshalb bauen die Stadtwerke München die Tiefengeothermie systematisch aus, um unabhängig von CO₂-emittierenden Wärmequellen zu werden.

Eine Stromnutzung ist auf Grund der niedrigen Wirkungsgrade für geothermische Anlagen unter den hiesigen Bedingungen jedoch nicht effizient. Hier wären Temperaturen > 110°C notwendig. Daher steht die Wärmenutzung aus hydrothermalen Anlagen an erster Stelle. Stromerzeugung kann in Zeiten geringen Wärmebedarfs als Ergänzung zusätzlich genutzt werden.

2 Rolle und Chancen der Geothermie

Der **Wärmesektor** macht ca. 56 % des gesamten nationalen Energiebedarfs aus, nur ca. 15% werden regenerativ erzeugt (Roadmap Tiefe Geothermie, 2022). Für Niedertemperatur-Nutzungen unter 200 °C, sind insbesondere solarthermische und geothermische Optionen geeignet. In Baden-Württemberg hat die Tiefengeothermie ein sehr hohes Ausbaupotenzial.

Folgende Vorteile der Geothermie sind von Bedeutung:

Vorteile der Geothermie:

- Grundlastfähigkeit, geringer Platzbedarf, landschaftsschonend
- emissionsarm, klimafreundlich
- nach menschlichem Ermessen unerschöpflich
- zuverlässige, preisstabile, lokale und regionale Energieversorgung
- gute Verfügbarkeit, wetterunabhängig
- im Verhältnis zu anderen Energieträger wenige kritische Auswirkungen
- verschiedenste Nutzungsformen denkbar
- nach Anfangsphase (Investitionen, Know how) sind lange Laufzeiten realistisch, nachhaltig
- Überschusswärme anderer Energieerzeuger können in den Untergrund eingelagert und zu Bedarfszeiten wieder genutzt werden.

Herausforderungen und Risiken der Geothermie:

- Seismische Risiken v.a. in geologisch unruhigen Gebieten kann es beim Einbringen oder Entnehmen zu großer Wassermengen (Skalierung!) oder beim petrothermalen (Nutzung der Gesteinswärme, s. Abb. 1, links) Aufschließen geben. Das kann im Vorfeld allerdings gut modelliert und das Risiko somit minimiert werden.
- Bohrungen müssen sorgfältig durchgeführt werden. Es dürfen keine Kurzschlüsse zwischen wasserführenden Schichten entstehen.
- Ein hoher Salzgehalt in den tiefen Wässern erfordert technische Maßnahmen in der Anlagentechnik.
- Entsorgung der Bohrschlämme muss mit bedacht werden.
- Fündigkeitsrisiko beim Auffinden geeigneter Aquifere.
- Kostensteigerungen sind möglich, können aber durch verschiedene Förderkulissen aufgefangen werden.
- Relativ hohe Investitionen in einem frühen Stadium der Erschließungsprojekte

In der „Road Map Tiefe Geothermie für Deutschland“ werden Handlungsempfehlungen zum Ausbau der Tiefengeothermie für eine erfolgreiche Wärmewende ausgesprochen (Strategiepapier von Fraunhofer, Helmholtz, GFZ, KIT, Februar 2022). Folgendes Szenario wurde in diesem Papier zusammen gefasst entwickelt:

„Zum Aufbau einer tiefengeothermalen Erzeugungsinfrastruktur und zur Anbindung an kommunale Verteilungsinfrastrukturen für Wärme werden in den kommenden 10 Jahren Investitionen in Höhe von ca. 2,0 bis 2,5 Mrd. Euro je GW installierter Leistung aus öffentlichen und privaten Haushalten benötigt. Damit lassen sich wettbewerbsfähige Wärmegestehungskosten von < 30 EUR/MWh erzielen. Benötigt werden u.a. geophysikalische Untersuchungen in Ballungsräumen im Rahmen der geologischen Landesaufnahmen und ein Explorationsbohrprogramm, um das Fündigkeitsrisiko zu senken, sowie Demonstrations- und Pilotanlagen mit enger wissenschaftlicher Begleitung. Das politische Ziel sind 50 % kommunale Wärme aus klimaneutralen Quellen bis 2030. Für die kommunale Flächennutzungsplanung (§ 5 Abs. 1 Nummer 2b, BauGB) ist die Aufstellung von Bebauungsplänen (§ 9 Abs. 1 Nummer 12, BauGB) z.B. mit Sondergebiet Geothermie zu priorisieren. Finanzinstrumente wie der Geothermal Development Fund (Finanzinstrument zur Reduktion des wirtschaftlichen Risikos und zur Verhinderung eines Marktversagens) sind zu etablieren, ebenso **standortspezifische Machbarkeitsuntersuchungen und bergrechtliche Sicherung der Ressourcen**. Erforderlich sind zudem geologisch-geophysikalische Explorationen, die geeignet sind, die Reservoireigenschaften mit Kennwerten zu beschreiben, die die Vordimensionierung geothermischer Systeme ermöglichen. Wichtig wäre zudem eine Ausweisung von Vorzugsflächen seitens der Verwaltung.“

Es ist davon auszugehen, dass die Förder- und Rahmenbedingungen sich in den nächsten Jahren weiter verbessern werden. Daher ist es ratsam, geeignete Potenziale mit Machbarkeitsstudien abzuschätzen und in erste Probebohrungen zu investieren, um fein aufgelöste Kenntnisse über die lokale Situation zu erlangen.

3 Geothermische Potenziale in Deutschland und in der Region

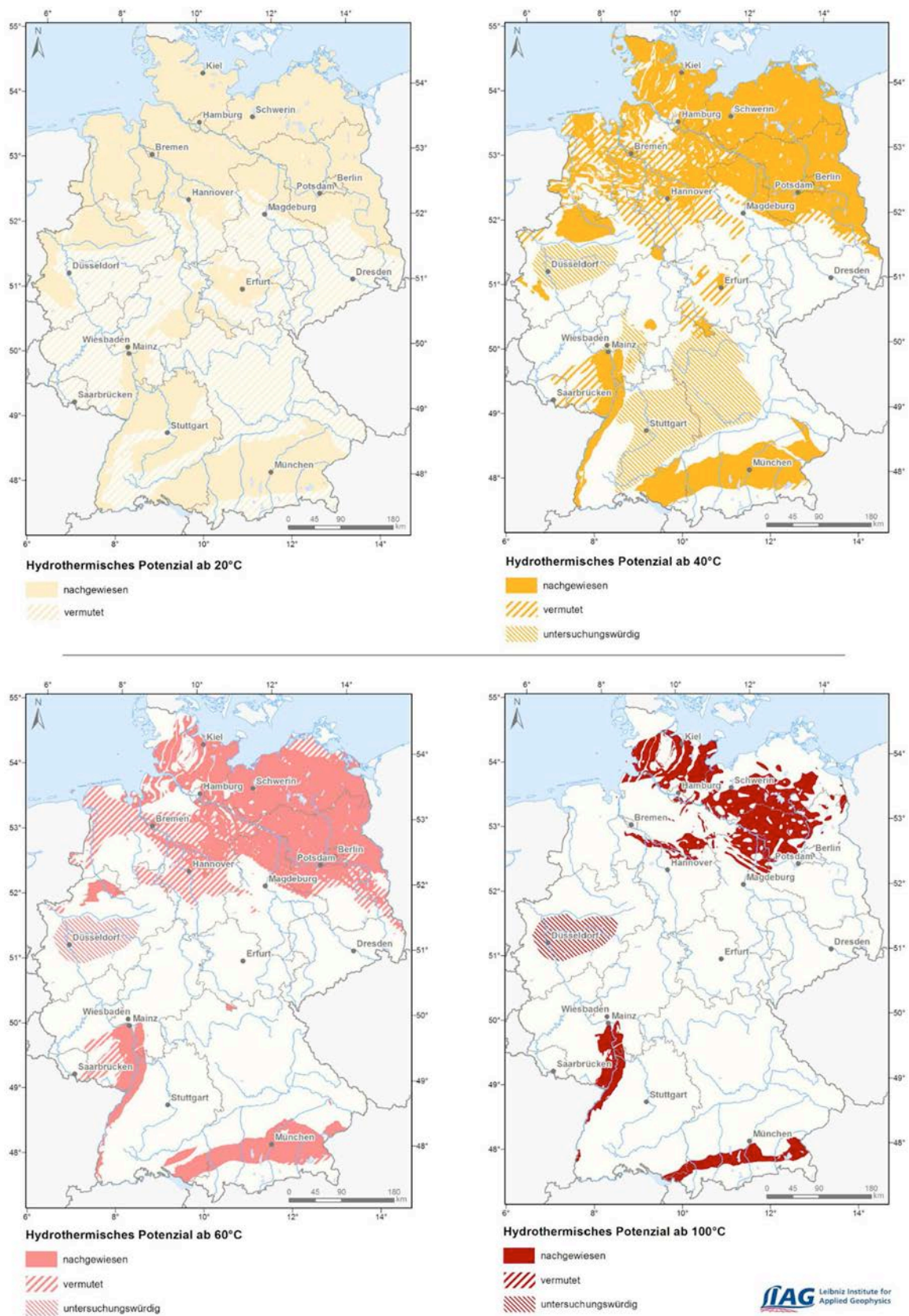


Abb.4: Gebiete mit geothermischen Ressourcen in Deutschland ab einem Temperaturniveau von 20°C (oben links), ab 40°C (oben rechts), ab 60°C (unten links) und ab 100°C (unten rechts) (Quelle: LIAG, Leibniz Institute for Applied Geophysics)

Bereits in der Übersichtskarte von Deutschland kann man erkennen, dass die wesentlichen Potenziale der Tiefengeothermie in der Region Bodensee-Oberschwaben in der Wärmenutzung in einem Bereich von 60°C-100°C liegen.

Im Rahmen des GEOMOL Projektes, bei dem der Regionalverband Bodensee-Oberschwaben beteiligt war (Abschlussbericht 2015) ergaben sich vergleichbare Werte im Oberjura und noch etwas höhere Temperaturwerte im tiefer liegenden Oberen Muschelkalk. Die Auflösung dieser Temperaturverteilungskarten ist allerdings immer noch sehr grob.

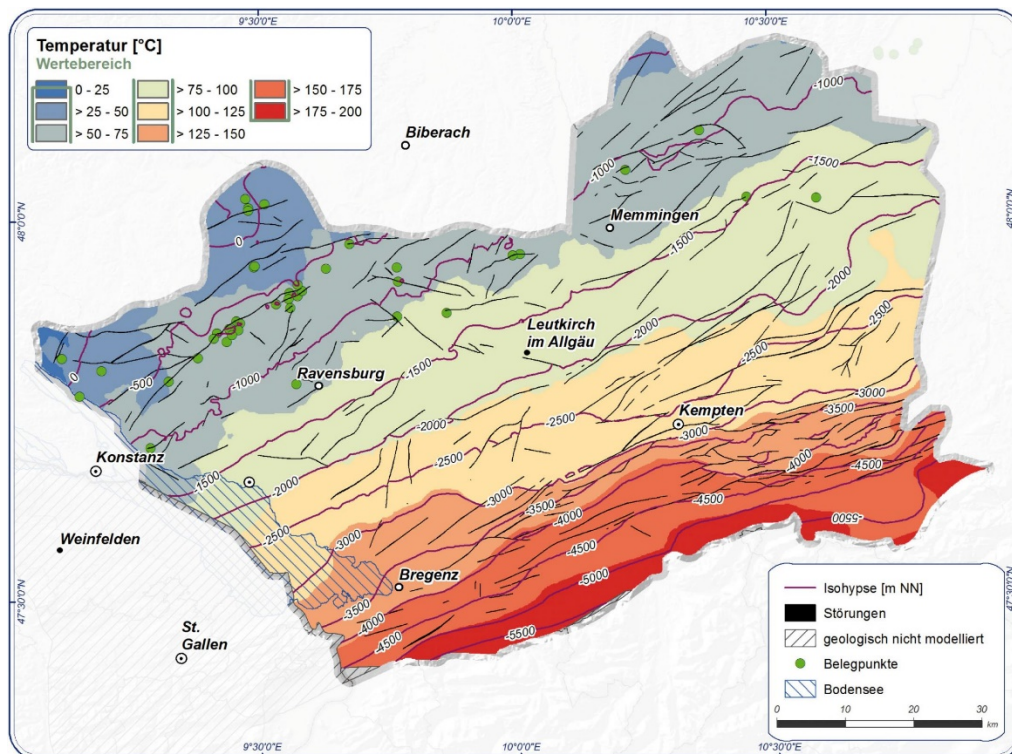


Abb. 5: Temperaturverteilung an der Oberfläche des Oberjuras (Quelle: GeoMol LCA-Projektteam, 2015)

Ausgehend von den Ergebnissen mehrerer Erkundungsbohrungen aus den 1980er und 1990er Jahren (z. B. Bertleff et al., 1988) wurde der Kenntnisstand zu den geothermischen Nutzhorizonten des Oberen Muschelkalks, des Oberjuras und der Oberen Meeresmolasse in einem Gemeinschaftsprojekt des Regierungspräsidiums Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, sowie des Regionalverbandes Bodensee-Oberschwaben zusammengefasst. Darauf bauten weitergehende Untersuchungen der thermalen Aquifere in den Projekten GeotIS (www.geotis.de) und GeoMol (www.geomol.eu; GeoMol LCA-Projektteam, 2015) auf. Dabei wurden u. a. detailliertere Flächeninformationen zur Mächtigkeitsverteilung, Tiefenlage sowie Temperaturverteilung der geothermischen Reservoirs erarbeitet (GeoMol LCA-Projektteam, 2015).

Der Obere Muschelkalk keilt auf Höhe der Iller nach Osten aus (grauer Bereich, s. Abb. 7). Durch das Schichteinfallen (geneigte Schichtfläche) nach Südosten nehmen die Temperaturen in den geothermischen Reservoirs grundsätzlich in südöstliche Richtung zu, wobei die Temperaturen im tiefer liegenden Oberen Muschelkalk höher sind als im Oberjura oder in der Oberen Meeresmolasse. An der Oberkante des Oberjuras werden Temperaturen über 100 °C erst südöstlich der Linie Friedrichshafen–Leutkirch erreicht, während dies im Oberen Muschelkalk bereits deutlich nördlich dieser Linie der Fall ist. Am Top der Oberen Meeresmolasse (tOM) sind

die Temperaturen signifikant niedriger als in den beiden anderen geothermischen Reservoiren; sie liegen grundsätzlich unter 45 °C.

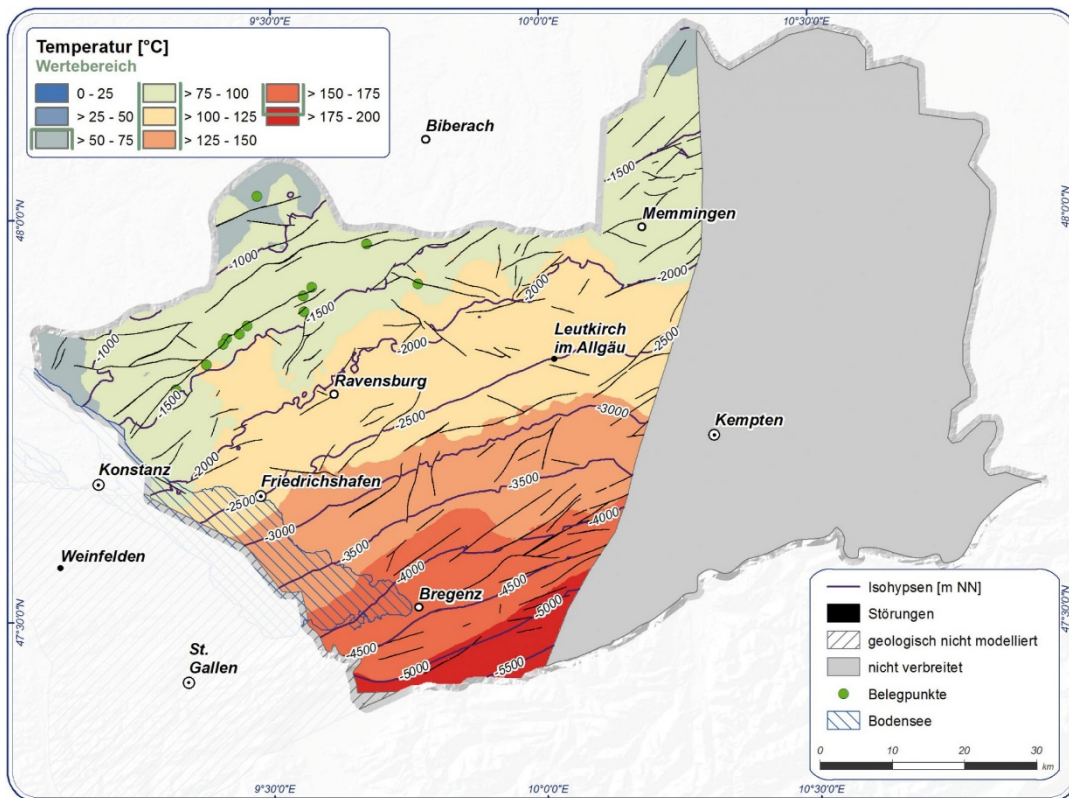


Abb. 6: Temperaturverteilung an der Oberfläche des Oberen Muschelkalks im GeoMol-Projektgebiet (Quelle: GeoMol LCA-Projektteam, 2015).

Die geothermischen Nutzhorizonte im baden-württembergischen Molassebecken sind

- der Obere Muschelkalk
- der Oberjura
- die zwei geklüfteten Sandsteinaquifere (Heidenlöcherschichten, Baltringen-Formation) innerhalb der Oberen Meeresmolasse (tOM)

Die beiden tief liegenden geothermischen Reservoire des Oberen Muschelkalks und des Oberjuras sind durch zwischengeschaltete, z. T. sehr gering durchlässige Schichten im Keuper, Mittel- und/oder Unterjura hydraulisch voneinander entkoppelt (Quelle: LGRB-Wissen).

4 Möglichkeiten und Grenzen im Teilregionalplan (TRP) Energie sowie im Bereich der Regionalentwicklung

Möglichkeiten zur Konkretisierung im TRP Energie:

Die Möglichkeit zur Abgrenzung von Vorbehaltsgebieten für die Geothermie in der Region wird vom LGRB (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau) geprüft. Vermutlich ist dies aber ohne weitere, fein aufgelöste Daten nicht möglich. Insofern ist auch eine Abgrenzung von Vorranggebieten im Regionalplan noch nicht möglich. Da die Anlagen keinen besonders großen Platzbedarf haben (< 1ha) könnten die Anlagen häufig als Versorgungseinrichtungen oder Son-

dergebiete für Geothermie über den FNP im innerörtlichen Bereich gesichert werden. Die andere Möglichkeit ist eine Planung als standortgebundene Einrichtungen der Infrastruktur, bei Vorhandensein der rechtlichen Voraussetzungen, so dass ggf. eine Privilegierung im Außenbereich möglich sein wird.

Möglichkeiten im Bereich der Regionalentwicklung:

Die Tiefengeothermie steht in der Region noch am Anfang. Bei einem Projekt der Bundeswehr in der Stauffer Kaserne Pfullendorf traten einige Probleme auf. Die Kenntnisse, die bei der Planung und beim Lösen dieser Probleme gewonnen wurden, werden auch den Folgeprojekten zu Gute kommen.

Über diesen Stand sind die Stadtwerke München hinweg. Dort wurde ein vielfältiges Know-how in über 40 Projekten in nun mehr 25 Jahren gesammelt. Die Anlage in München-Riem läuft mittlerweile seit 20 Jahren problemlos. Die möglichen Probleme im geologischen und im bohrtechnischen Bereich können mittlerweile sehr gut eingeschätzt werden und ermöglichen eine Planung im großen Maßstab. Die Anlage in München-Sendling ist bereits am Netz und versorgt 80.000 Haushalte mit Wärme. Das Ziel Münchens, bis 2040 die Wärmeversorgung komplett auf die Tiefengeothermie umzustellen, ist absolut realistisch und mittels eines Masterplans und mehrerer weiterer begonnener Großprojekte in Sichtweite. Aktuell werden in München ca. 120.000 Wohneinheiten durch Wärme mit der Tiefengeothermie versorgt. Neben den sehr günstigen Untergrundverhältnissen sind hier auch die entsprechenden Abnehmerstrukturen, insbesondere für Fernwärme, bereits vorhanden.

Auch die Badenova ist mit dem Kraftwerk bei Bruchsal und dem Standort in Graben Neudorf, geplante Eröffnung 2024, schon weit voraus. Weitere Planungen wie großanlegte seismische Untersuchungen südlich Freiburg bis zur Schweizer Grenze wurden bereits durchgeführt. Auch das Thema „Lithiumgewinnung“ wird im Oberrheingraben eine größere Rolle spielen.

Der Regionalverband sieht das Thema als eine Entwicklungsaufgabe der Region an. Daher wurden in diesem Umfeld schon Projekte wie GeoMol mit begleitet. Durch die veränderten Rahmenbedingungen ist aber aktuell die Dringlichkeit, Alternativen für die Wärmewende zu finden und zu realisieren, stark gestiegen. Zudem ist die Wirtschaftlichkeit durch die höheren Energiekosten besser geworden und eine unabhängige Energieversorgung wird von der Politik stärker priorisiert als früher. Daher scheint jetzt der Zeitpunkt gekommen, auch diese Energieform zeitnah in die Umsetzung zu bringen. In Frage kommen hier vor allem der Verdichtungsraum auf der Achse Friedrichshafen-Ravensburg-Weingarten, aber auch Mittelzentren und industrielle Komplexe, vor allem Bereiche, in denen bereits Fern- und Nahwärmenetze existieren, gerade gebaut bzw. geplant werden.

Die beiden Vorträge im Rahmen der Sitzung der Verbandsversammlung sollen helfen, das Thema besser zu verstehen und Anhaltspunkte für mögliche Projekte zu geben.

Frau Prof. Dr. Stober wird uns die hydrogeologischen Grundlagen und hydraulischen Eigenschaften des Molassebeckens im Hinblick auf eine geothermische Nutzung näher bringen. Eine Kurzvita findet sich unter Punkt 6.

Herr Richter kommt vom Büro Roedel & Partner, einer Kanzlei mit Rechtsanwälten, Wirtschaftsprüfern etc. aus München. Herr Richter hat sich auf den Bereich Tiefengeothermie spezialisiert, ist dort seit längerem in die dortigen Projekte involviert und wird uns einen möglichen Projektlauf skizzieren und über Fördermöglichkeiten sowie über wirtschaftliche Aspekte referieren. Eine Kurzvita findet sich ebenfalls unter Punkt 6.

5 Möglicher Projektablauf - Broschüre des Bundesverbandes Geothermie

Die vorliegende Broschüre des Bundesverbandes Geothermie e.V. (BVG) soll Stadtwerken und kommunalen Energieversorgungsunternehmen, eine Art Fahrplan für die Nutzung geothermischer Energie an die Hand geben. Dabei werden zentrale Planungsschritte einer tiefeingeothermischen Anlage aufgegriffen und anhand einer Kommune beispielhaft erläutert.



Abb. 7: Broschüre Bundesverband Geothermie (Quelle: www.geothermie.de)

5 Kurzvita der Referentin und des Referenten

Prof. Dr. Ingrid Stober, Ausserplanmässige Professorin für Geologie (Hydrogeologie)

Institut für Geo- und Umweltwissenschaften Mineralogie und Petrologie

Albert-Ludwigs-Universität, Albertstraße 23b, 79104 Freiburg i.Br.

E-Mail: Ingrid.Stober@minpet.uni-freiburg.de

Dissertation 1985, Thema: Hydrogeologische Untersuchungen in Festgesteinen Südwestdeutschlands mit Hilfe von Pump- und Injektionsversuchen

Habilitation (PD habil.) 1994, Thema: Die Wasserführung des kristallinen Grundgebirges

Beschäftigungsverhältnisse:

1980 - 2012: als Hydrogeologin beim Regierungspräsidium Freiburg (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau). Zuletzt: Referentin für Geothermie in Baden-Württemberg, Regierun-
gungsdirektorin.

2012 - 2018: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW), Geothermie.

2019: Pension, bis heute: weiterhin Vorlesungen für Bachelor- und Masterstudenten an der Universität Freiburg; bis heute: Mitarbeit beim Landesforschungszentrum Geothermie (LFZG)

Lehrtätigkeiten:

1983 - 1997: Gastdozentin an den Universität Bern/Schweiz und Tübingen, sowie am Dresdner Grundwasserforschungszentrum

1986 - heute: Apl. Prof. bei den Geowissenschaften der Uni. Freiburg

2012 - 2018: Lehrtätigkeit am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW), Abt. Geothermie

Literaturverzeichnis: <https://www.minpetro.uni-freiburg.de/team/stober>

Benjamin Richter, Partner bei Rödl & Partner, Key-Note-Speaker, Mentor, für den Bereich Tiefengeothermie verantwortlich, <https://www.roedl.de/wen-wir-beraten/geothermieprojekte/archiv>

Groß- und Außenhandelskaufmann, Betriebswirt, Finanzausschuss der Stadt Eschborn, Managerkreis der Friedrich Ebert Stiftung, Lehrbeauftragter für das Thema Tiefengeothermie der Hochschule Weihenstephan, Schwerpunkt Projektmanagement und Wirtschaftlichkeit im Studienswerpunkt Management Erneuerbare Energien.

Veröffentlichungen und weitere Infos zur Person: https://www.linkedin.com/in/benjamin-richter-31164469/?original_referer=

Als Experte für wirtschaftliche Fragen arbeitet Herr Richter seit 2002 im Bereich grundlastfähige Erneuerbare Energien und Energieeffizienz und Wärmewende. Hauptaspekte sind:

- Dekarbonisierung ganzer Versorgungsgebiete im Wärmebereich
- Wirtschaftliche Bewertung von Änderungen auf Grund technischer Änderungen oder der Änderung politischer Rahmenbedingungen
- Kalkulation von Wärmepreisen und Entwicklung von Preisgleitklauseln
- Preiskalkulation, insbesondere im Bereich Fernwärme
- Aufbau optimaler Projektablauf- und Organisationsstrukturen
- Restrukturierung und Optimierung von Energiesteuern
- Darstellung möglicher Renditen und Gestehungskosten
- Abschätzung von Risikobudgets und Versicherungskosten
- Ökonomische Sensitivitätsanalysen
- Commercial und Financial Due Diligence
- Aufstellung jährlicher Gewinn- und Verlustrechnungen, Bilanzen und Cash Flow Statements