

Teil 3 Ausgewählte Beispiele aus dem Bereich der Bergbehörde

A 3.1 Ausbau der Tiefengeothermie in Bayern

1. Erschließungskonzepte

Die Erschließung und Nutzung der tieferen Geothermievorkommen in Bayern ist schon seit einigen Jahren im Aufbruch begriffen. Die Gründe hierfür sind vielfältig – Klimaschutz, Erneuerbares Energien-Gesetz, weitere Förderprogramme von Bund und Land, Aspekte der Versorgungssicherheit mit der dauerhaften Verfügbarkeit des Energieträgers und Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern. Ein Grund liegt natürlich auch in den für die Verhältnisse in Deutschland günstigen geologischen Bedingungen:

Mit den bis zu 600 m mächtigen Malmkarbonaten verfügt Bayern über einen Aquifer, der in einem erschließbaren Temperaturbereich von 80-160 °C bei Bohrtiefen von 1.500 m bis 5.500 m über ausreichende Ergiebigkeiten von 30 - > 100 l/s verfügt, die einen flächendeckenden Einstieg in die geothermische Wärme – und ggf. Stromerzeugung ermöglichen.

Bild A: Schnitt von N-S durch den geothermalen Zielhorizont: Malmkarbonate

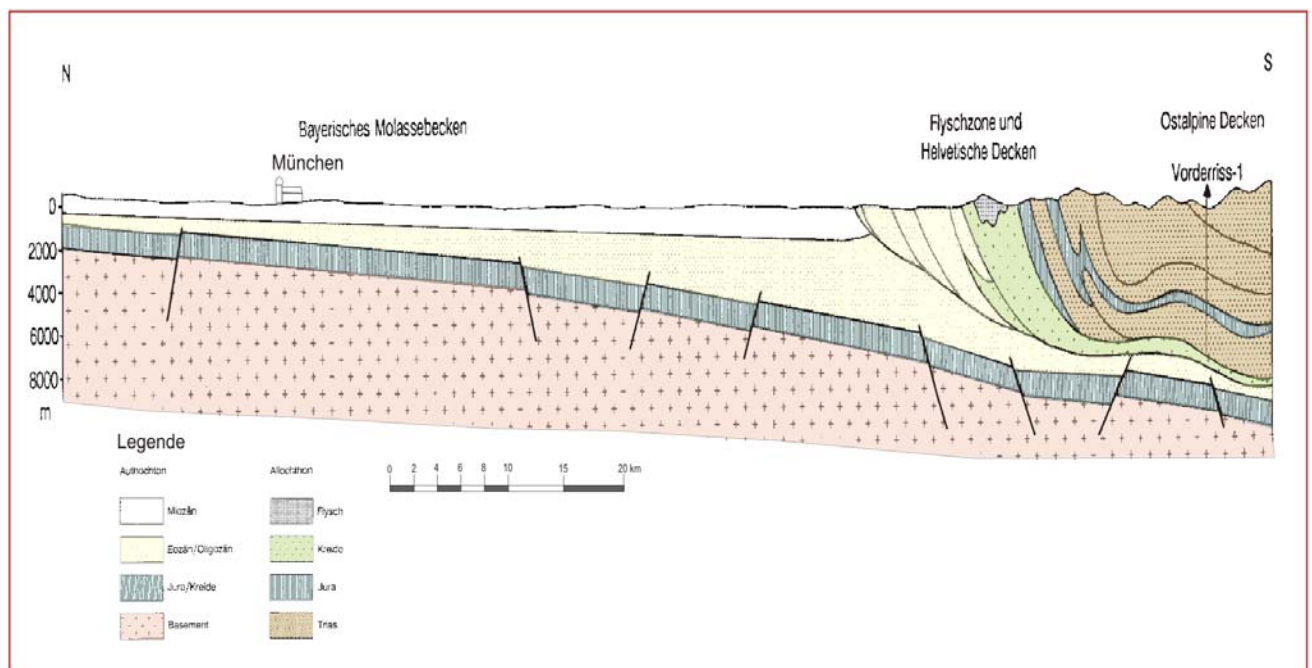
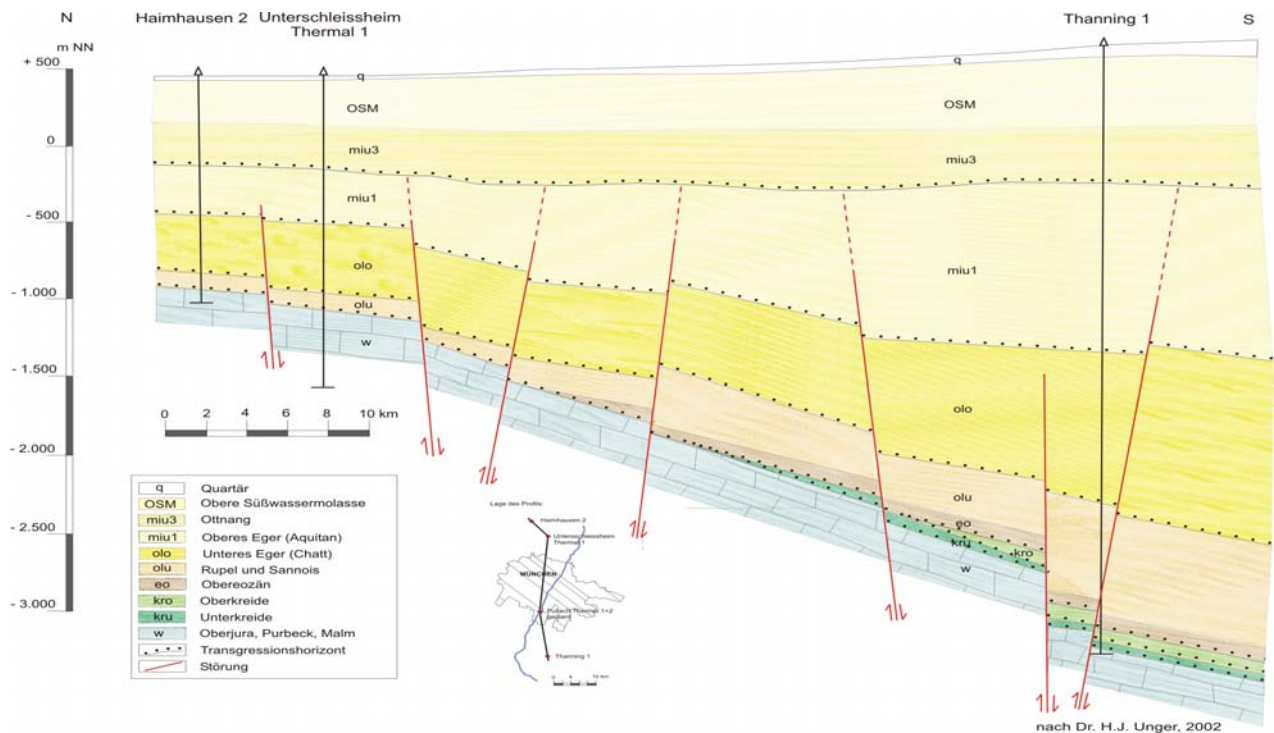


Bild B: N-S Verlauf Malm im Großraum München



Insbesondere um höhere Schüttungen, wie sie für die Stromerzeugung notwendig sind, zu erreichen, müssen Bruchzonen im Gebirge angebohrt werden. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass eine gute Verkarstung im Gebirge hierfür nicht ausreichend ist.

Dies setzt eine intensive Vorfelderkundung voraus. In Frage kommen hierbei das Reprocessing seismischer Linien aus der Kohlenwasserstoffindustrie in Verbindung mit der Durchführung konkretisierender neuer Seismik. Auch sind gravimetrische Messungen schon durchgeführt worden.

Hilfestellung insbesondere für die Antragstellung zur Erteilung bergrechtlicher Erlaubnisse kann der April 2005 vom Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie herausgegebene Geothermieatlas geben.

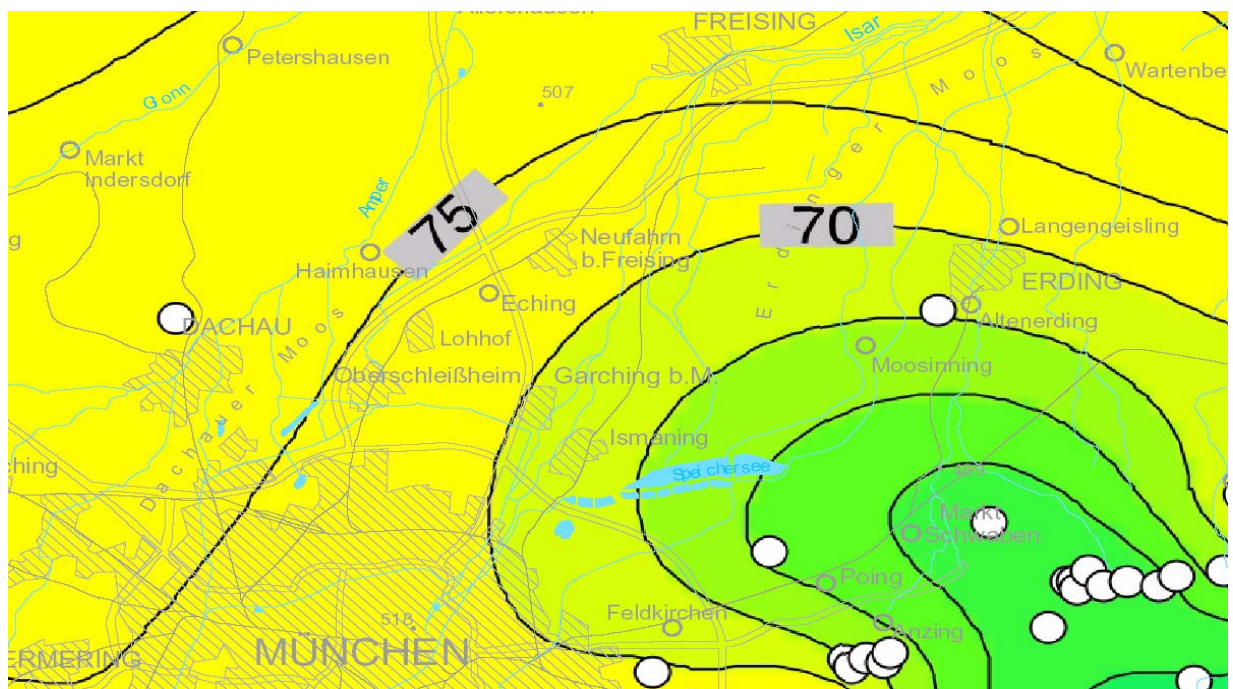
Aus dem Geothermieatlas sind die tektonischen Bruchstrukturen im Malmkarst sowie der Verlauf der Oberkante Malm einschließlich Teufenangabe erkennbar.

Bild C: Geologische Ansprache aus dem Bayerischen Geothermieatlas



Ferner enthält der Geothermieatlas für das betreffende Gebiet Temperaturangaben für den Top-Malm:

Bild D: Temperaturangaben Top-Malm



Beispiel: Geothermieprojekt fiktiv im Raum Eching

Teufe: -1.000 m NN für den Top-Malm

Erwartete Temperatur am Top-Malm ca. 73 °C

Aufbauend auf diesen Angaben kann unter Berücksichtigung der Geländehöhe und der anvisierten Durchörterung des Malm die endgültige Bohrteufe prognostiziert werden:

Beispiel: Geländehöhe Eching ca. 450 m

Vertikale Bohrstrecke im Malm ca. 300 m

Bohrteufe ca. 1.750 m

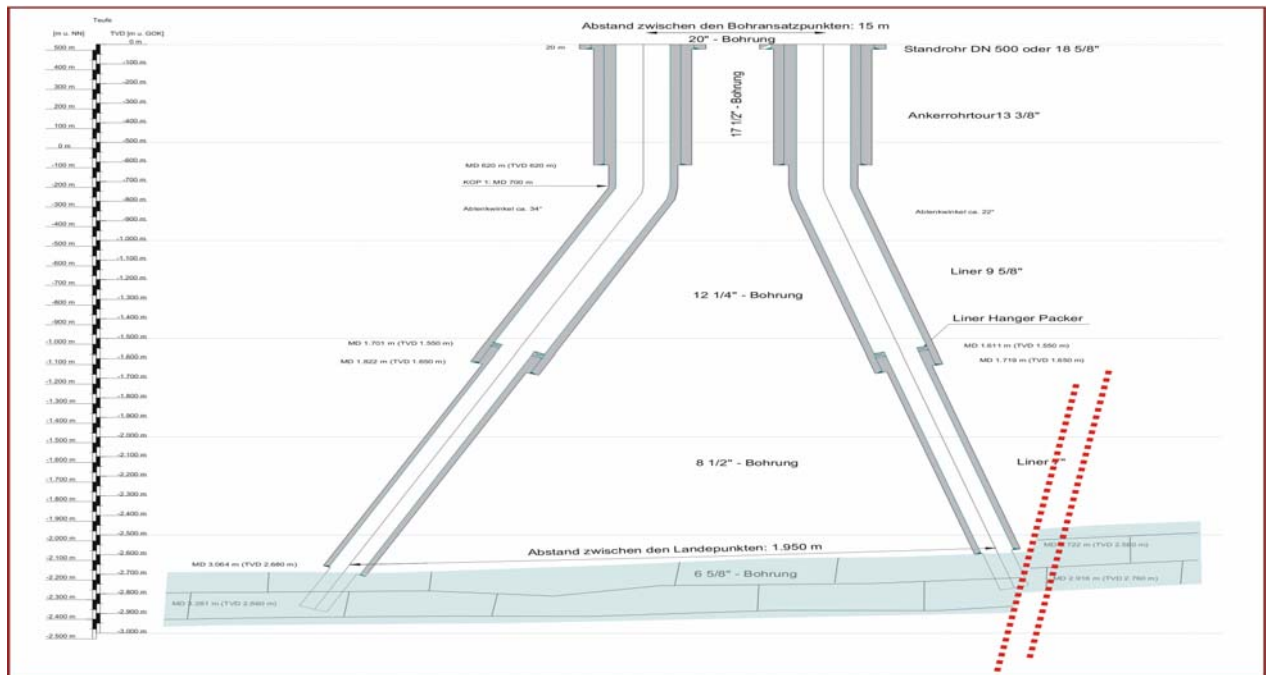
Erwartete Temperatur ca. 80 °C

Für eine erste grobe Planung ist der Bayerische Geothermieatlas ein Einstieg. Er ersetzt jedoch auf keinen Fall eine fundierte strukturgeologische Untersuchung und darauf aufbauend eine intelligente Bohrkonzepktion.

Auch ist zu berücksichtigen, dass nicht genau prognostiziert werden kann, in welchem Maße die Temperatur im Malm zur Teufe zunimmt. Dies hängt insbesondere damit zusammen, dass die Lokationen der Zuflüsse im Malm nicht bekannt sind. Bei über Bruchstrukturen oder Kluftsysteme aufsteigenden Tiefenwässern aus den unteren Bereichen des Malm, kann wie z.B bei den Projekten in Unterschleißheim, Unterhaching oder Altdorf bei Landshut (hier 12,5 °C/100m) mit höheren Temperaturen als nach dem normalen Gradienten zu erwarten ist gerechnet werden. Möglich ist auch ein Zufluss kälteren Wasser aus den höheren Bereichen des Malm, so dass die Temperaturen wie in Simbach niedriger anzusetzen wären.

Für eine erfolgreiche Erschließung und den Nachweis der Fündigkeit sind immer zwei Bohrungen notwendig, eine Bohrung zur Förderung und eine Bohrung zur Reinjektion des energetisch genutzten entwärmten Wassers:

Bild E: Geothermische Dublette im Malm mit abgelenkten Bohrungen (Sammelbohrplatz)



Die Landepunkte der beiden Bohrungen sollten so gewählt werden, dass sie sich bezogen auf die Lebensdauer der Anlagen (mindestens 50 Jahre) möglichst thermisch nicht beeinflussen. Berechnungen ergaben hierbei einen Mindestabstand von ca. 2.000 m. In der Regel werden die Bohrungen von einem Sammelbohrplatz ausgeführt.

Dies macht jedoch aus technisch-wirtschaftlicher Sicht auch im Hinblick auf die noch durchzuführenden Sondenmessungen im Bohrloch nur Sinn, wenn die Ablenkstrecken der Bohrungen, die in der Regel in die vorhandenen Bruchstrukturen geführt werden, nicht übermäßig groß werden. Bei Planungen von Ablenkstrecken von mehr als 1.500 m sollten daher in der Regel Bohransatzpunkte gewählt werden, die mit einer geringeren Ablenkung auskommen. Ggf. sind dann zwei mehrere km entfernte Bohrplätze notwendig. Im Hinblick auf die Risikominimierung werden zunehmend sogenannte Triplettenkonzepte (2 Förderbohrungen und eine Reinjektionsbohrung) favorisiert, insbesondere dort, wo mit geringeren Ergiebigkeiten zu rechnen ist.

Das geologische Fündigkeitsrisiko ist je nach Nutzungskonzeption und der erhofften Wirtschaftlichkeit nicht unerheblich – dies gilt insbesondere für die Stromprojekte. Seitens der Versicherungswirtschaft werden hierzu Versicherungslösungen angeboten, die jedoch relativ teuer sind und bis zu 25% der Bohrkosten ausmachen. Der Bund strebt ein staatliches Modell an, dessen Einzelheiten jedoch noch nicht vorliegen.

Der Zuschnitt der Erlaubnisfelder ergibt sich aus der Antragstellung und wird somit vom Antragsteller festgelegt. Der Antragsteller ist im eigenen Interesse gehalten, den Zuschnitt so zu wählen, dass die prognostizierten Strukturen unter Berücksichtigung möglicher geeigneter Bohransatzpunkte, der Minimierung von Wechselwirkungen zu den Bohrungen anderer Projekte und der Versorgungsstrukturen im Feld liegen. Aufgrund des starken Interesses und der relativ hohen Erlaubnisdichte sind nachträgliche Korrekturen nur noch schwer möglich.

Eine begleitende hydraulische und thermische Modellierung des Feldes im Vorfeld der Detailerkundungen und der Bohrungen wäre zwar hilfreich und wünschenswert, ist jedoch aufgrund der ungenügenden Datendichte und der sehr komplexen Detailstrukturen im Malm belastbar nicht möglich und wäre spekulativ. Die thermischen und hydraulischen Wechselwirkungen lassen sich deshalb erst dann beurteilen, wenn entsprechende Testversuche und Beweissicherungsmessungen nach Durchführung der Bohrungen vorgenommen werden.

2. Wirtschaftliche Nutzungskonzepte

In Bayern sind zur Zeit mehr als 80 Erlaubnisfelder vergeben, davon wären bei einem Temperaturniveau ab Top-Malm von mehr als 100 °C ca. 50 Felder für die geothermische Stromerzeugung geeignet.

Insgesamt wurde das gesamte Potential in Südbayern auf ca. 500 MW elektrisch geschätzt - dies sind ca. 5,6 % des bayerischen Stromverbrauchs in der Grundlast. Dazu kämen bis zu 3.500 MW thermisch, die in die geothermische Wärmeversorgung einfließen könnten, sofern hierfür genügend Abnehmer vorhanden wären.

Die Abnehmerdichte ist letztendlich auch ein begrenzender Faktor, denn die Geothermie macht wirtschaftlich nur dort Sinn, wo auf engstem Raum auch Verbraucherstrukturen, möglichst mit schon vorhandenem Wärmenetz vorhanden sind. Hier wären insbesondere die Städte und deren Umland anzusprechen. Gerade die Landeshauptstadt München verfügt bereits über ein gut ausgebautes Fernwärmenetz. Außerhalb von München ist der Ausbau der Netze weniger gut; der Freistaat Bayern setzt bei der Förderung der Geothermie daher auf den Ausbau der kommunalen Wärmennetze.

Würden alle möglichen Geothermieprojekte realisiert, ergäbe sich ein Investitionsvolumen für Bohrungen, Kraftwerksbau und Aufbau von Wärmenetzen von mindestens 6 Mrd. Euro.

Nutzungsvarianten sind oder werden in Bayern gegenwärtig wie folgt realisiert:

- Geothermische Stromerzeugung ab 100 °C und mehr als 100 l/s mit der anschließender Nutzung von Wärme für die geothermische Wärmeversorgung. Beispiel hierfür wäre das Projekt Unterhaching bei einer vorgesehenen Stromleistung von 3,4 MW elektr. und einer Wärmeleistung von bis zu 28 MW thermisch sowie auch die meisten anderen noch in der Planung befindlichen Projekte.

- Geothermische Wärmeversorgung in Kopplung mit Biomasseheizkraftwerken. Hier wird die Geothermie für die Grundlast eingesetzt – die erforderliche Redundanz ist durch die Biomasse gegeben. Bei den niedertemperaturierten Projekten kann das Thermalwasser durch die Abwärme der Biomasse zusätzlich aufgeheizt werden.

Gleichzeitig ergeben sich Möglichkeiten des Einstiegs in die unterirdische Wärmespeicherung. Im Sommer wird das zusätzlich über die Abwärme aufgeheizte Wasser im Malm – der sich aufgrund seiner spezifischen Aquifereigenschaften hervorragend als Wärmespeicher eignen könnte – wieder versenkt und im Winter das über Lagerstättentemperatur befindliche Wasser gefördert.

- Ausschließlich Projekte der geothermischen Wärmeversorgung für die Wärmeversorgung von Gemeinden oder industriellen Betrieben.

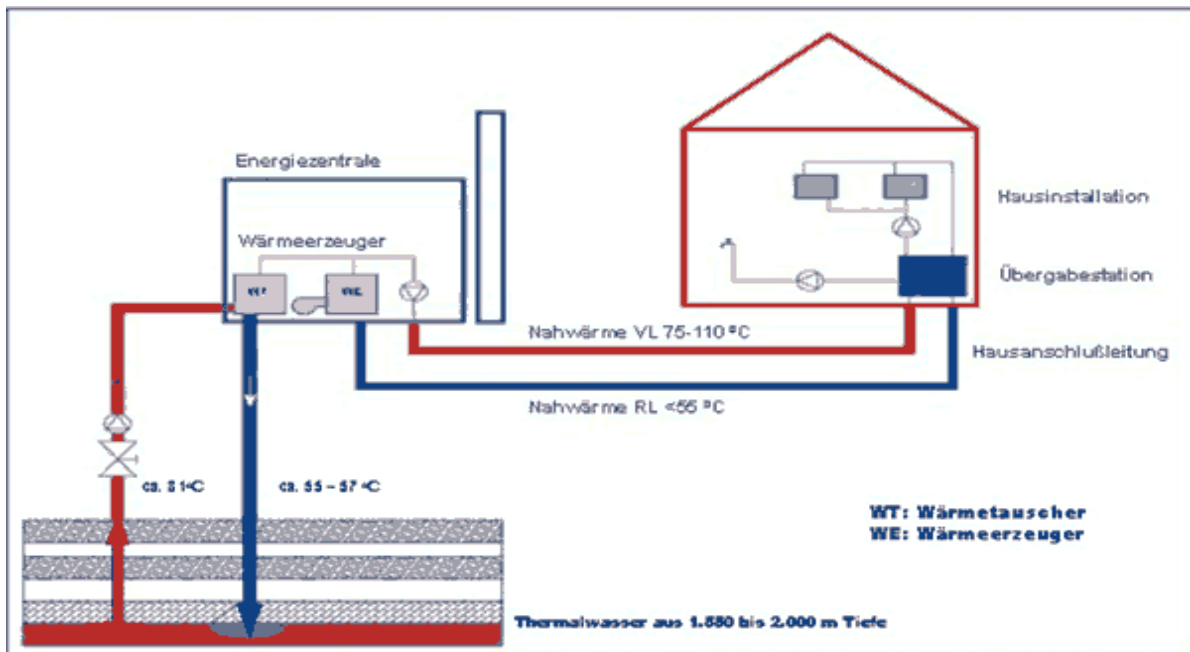
Die bisher realisierten Projekte in Straubing, Erding, München-Riem, Simbach am Inn, Pullach und Unterschleißheim sind ausschließlich Projekte der geothermischen Wärmeversorgung bei einer gegenwärtig installierten geothermischen Leistung von ca. 46 MW therm, die jedoch noch ausgebaut werden kann.

Bild F: Platzsparende Geothermianlage: Beispiel Pullach



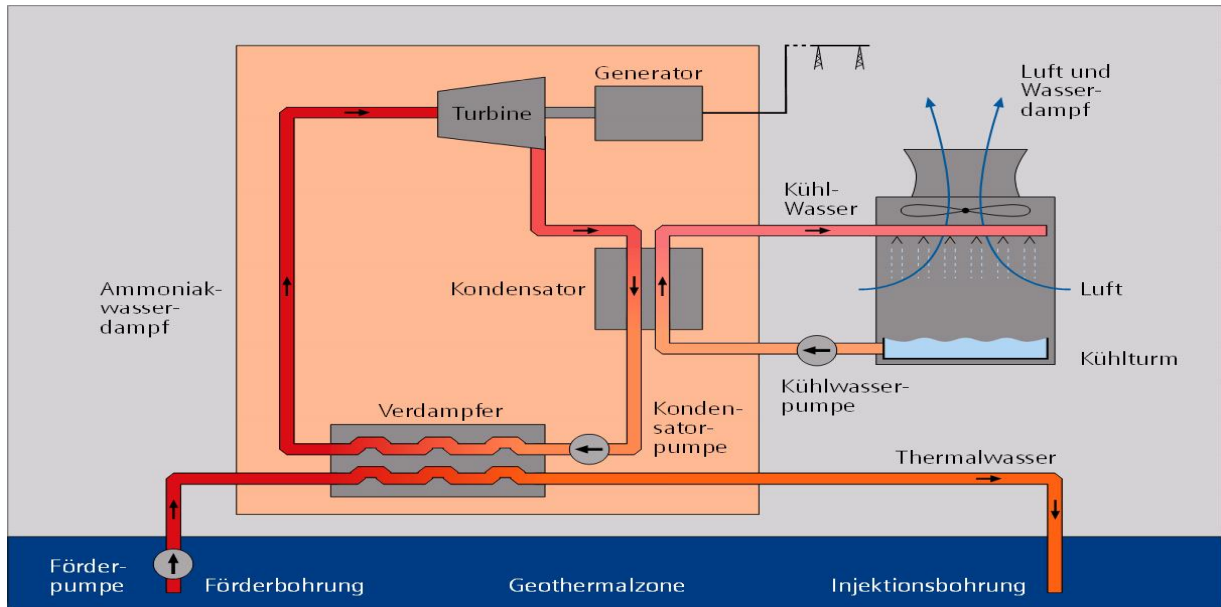
Quelle: Geothermie Pullach

Bild G: Schema der geothermischen Wärmeversorgung – Beispiel Unterschleißheim



Quelle: Geothermie Unterschleißheim AG

Bild H: Schema einer Kalina- Anlage zur Stromerzeugung



Quelle: Siemens AG, Erlangen

Für den Niedertemperaturbereich von 100- 160 °C wird in Bayern für die Stromerzeugung vorrangig die Kalina-Technologie, benannt nach seinem russischen Erfinder, Professor Kalina eingesetzt. Es handelt sich um einen klassischen Dampf-Turbinen- Prozess, bei dem die Wärmeenergie aus dem Thermalwasser über einen Wärmetauscher auf ein zweites Medium (Ammoniak-Wasser) übertragen wird. Durch Nachschaltung eines Kreisprozesses wird Dampf auf höherem Temperaturniveau erzeugt, so dass über eine Turbine Strom erzeugt wird. Dabei ist jedoch ein Kühlungssystem zur Entspannung und Verflüssigung notwendig. Das Problem hierbei ist die Verfügbarkeit von Kühlwassermengen bis 30 l/s aus dem Grundwasser. Daher werden zunehmend auch Überlegungen angestellt, hybride Systeme (Luft-Wasser-Kühlung) einzusetzen. Direktkühlung wie in Island ist in Bayern nicht möglich.

Die geothermischen Wirkungsgrade der Kalina-Technologie liegen bei ca. 10 - 15 % in Abhängigkeit von der Eingangstemperatur, Ausgangstemperatur und Kühltemperatur. Hierzu ein Beispiel:

Kalina-Kraftwerke: Beispiel für Bayern

T-Vorlauf: 130 °C, T-Rücklauf: 60 °C, Kühltemperatur Winter: 4 °C, Sommer: 15 °C, Ergiebigkeit : 120 l/s

	Winter	Sommer
Carnot	24,5 %	21,5 %
Technisch	14,2 %	12,6 %
Strom	4,7 MW	4,2 MW

Die Wirkungsgrade des Prozesses sind deutlich niedriger als bei konventionellen Kraftwerken mit über 40%. Zur optimalen Ressourcennutzung und zur Minimierung des Kühlwasserbedarfs wurde daher die Forderung aufgestellt, nicht nur Strom zu produzieren, sondern auch eine Wärmenutzung anzuschließen. Dies kann durch die Auskoppelung von Wärme im Primärkreislauf (z.B. Strom von 130 bis 85 °C, dann Wärmenutzung von 85 bis 50 °C) oder Nutzung der beim Stromkreislauf anfallenden Abwärme geschehen. Dabei ist aber zu beachten, dass der größte Teil der Abwärme in einem Temperaturbereich unterhalb von 50 °C vorliegt.

3. Ausblick

Die hohe Zahl der Erlaubnisfelder für Erdwärme belegt, wie groß das Interesse an der Tiefengeothermie in Bayern ist. Bayern verfügt mit den Projekten Straubing, Erding, Simbach, Unterschleißheim, München-Riem, Pullach und Unterhaching über sieben bestehende Anlagen und ist damit Spitzenreiter in Deutschland. Mindestens vier weitere Projekte sind in einer sehr konkreten Bohrvorbereitung und sollen bis Ende des nächsten Jahres realisiert werden. Es bleibt abzuwarten, ob diese ähnlich erfolgreich verlaufen wie die bisherigen Projekte und sich der Boom in Bayern fortsetzen wird.

Text: Bergdirektor Rainer Zimmer,

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie