

Inhaltsverzeichnis

1 Notwendigkeit alternativer Energien	3
2 Geothermie in Unterhaching	4
2.1 Begriffserklärung: Geothermie.....	4
2.2 Standortfaktoren für das Geothermieprojekt in Unterhaching.....	5
2.2.1 Geologische Rahmenbedingungen für Deutschland.....	5
2.2.2 Geologische Verhältnisse in Unterhaching.....	6
2.2.2.1 Aquifereigenschaften.....	6
2.2.2.2 Temperaturverhältnisse.....	8
2.2.3 Absatzmarkt.....	8
2.2.3.1 Abnehmer der Fernwärme.....	8
2.2.3.2 Abnehmer des Stroms.....	9
2.2.4 Nähe zum Ballungsraum München.....	9
2.2.5 Grundstücksfläche.....	9
2.2.6 Engagement der Gemeinde.....	9
2.2.7 Kapitalkosten.....	9
2.2.8 Zusammenfassung der Rahmenbedingungen.....	10
3 Pilotprojektcharakter	11
3.1 Projektmanagement.....	11
3.2 Fündigkeitsversicherung.....	11
3.3 Technisches Neuland.....	12
3.3.1 Kraftwerk-System.....	12
3.3.2 Kalinaanlage.....	14
3.3.3 Weitere neuartige Elemente der Geothermieanlage.....	15
4 Chronologischer Verlauf der Errichtung der Geothermieanlage:	
Ereignisse im Jahr...	16
4.1 ...2001.....	16
4.2 ...2003.....	17
4.3 ...2004.....	17
4.4 ...2005.....	18
4.5 ...2006.....	18
4.6 ...2007.....	20

4.7 Zusammenfassung der Eckdaten des Geothermieprojekts in Unterhaching..	22
5 Vor- und Nachteile des „Prestige“projekts in Unterhaching.....	22
5.1 Vorteile und Nachteile bezüglich der Ökologie.....	22
5.1.1 Schonung fossiler Energieträger.....	22
5.1.2 Einsparung an Emissionen.....	23
5.1.3 Reduzierung negativer Einflüsse auf das Ökosystem.....	23
5.1.4 Erdbebengefahr.....	23
5.1.5 Absonderung von Chemikalien.....	24
5.2 Garantie und Gefährdung der Wirtschaftlichkeit des Projekts.....	24
5.2.1 Fündigkeitsversicherung.....	24
5.2.2 Voruntersuchungen.....	24
5.2.3 Vorteile der Pionierleistung bezüglich der geologischen Rahmen- bedingungen und des Kraftwerks.....	24
5.2.4 Grundlastfähigkeit.....	26
5.2.5 Wettbewerbsvorteile gegenüber fossilen Energieträgern.....	26
5.2.6 Kostenanstieg.....	29
5.2.7 Zeitliche Verzögerungen.....	30
5.3 Fazit.....	30
6 Aktueller Stand.....	30
6.1 Beeinträchtigung einer wirtschaftlichen Nutzung des Thermalwassers.....	30
6.1.1 Claimverteilung.....	30
6.1.2 Ausfall der Unterwasserpumpe.....	31
6.2 Überlegungen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.....	32
7 Die Zukunft der Geothermie in Bayern.....	33
Quellen	
Anlagen	

1 Die Notwendigkeit alternativer Energien

Die Auswirkungen der Erderwärmung sind immer deutlicher wahrnehmbar. Allein das Jahr 2007 war „katastrophal wie noch nie“¹: „Orkan Kyrill tobt mit 198 Stundenkilometer: Chaos über ganz Deutschland“², „Brandherde in Europa: Wenn Feuer effektiv wie Bomben sind“³, „Unwetterwarnung: Nordseeküste droht schwerste Flut seit Jahrzehnten“⁴. Dies sind nur drei der vielen Naturkatastrophen, die sich letztes Jahr ereignet haben. Grund dafür ist vor allem der immer weiter ansteigende Ausstoß von Treibhausgasen, wie Methan und Kohlenstoffdioxid. Weltweit nehmen die dadurch verursachten Naturkatastrophen, wie Flutwellen, Waldbrände, Stürme und Dürreperioden, stark zu. „Der Klimawandel ist in vollem Gange“⁵ heißt es in der Süddeutschen Zeitung.

Nach Meinung vieler Experten wird aber auch der Höhepunkt der Ölförderung bald erreicht sein, während die Nachfrage nach Energieträgern weiter steigt. Dies hat zur Folge, dass die Ressourcen zunehmend unbezahlbar werden. „Der Klimawandel trifft auf eine Energiekrise“⁶. Um „das Fieber des Globus zu senken“⁷ und einen „Krieg um die Ressourcen“⁸ zu vermeiden ist eine Energiewende dringend notwendig. Die Bewältigung dieser Probleme bereitet weltweit Vertretern aus Politik, Forschung und Wirtschaft Kopfzerbrechen. Fest steht, dass neben einem umweltbewussten Verhalten (z.B. im Verkehr) und einer effizienten Nutzung der Energie (z.B. durch Wärmedämmung) vor allem ein Umstieg auf erneuerbare Energiequellen, wie Solarenergie, Windkraft, Biomasse und Geothermie, nötig ist.

Wegweisend beim Einsatz regenerativer Energien im Bereich der Geothermie ist die Gemeinde Unterhaching im Landkreis München. Bei dem Geothermieprojekt in Unterhaching ist erstmals die Verbindung beider Nutzungsarten der Geothermie, Wärme- und Stromgewinnung in einer Anlage realisiert worden.

¹Anonym 1, Spiegel, 31.12.2007

²Anonym 2, Bild-Zeitung, 22.3.2007

³Anne Seith Spiegel, 5.8.2007

⁴Anonym 3, Spiegel, 8.11.2007

⁵Jean Ruber, SZ, 27.12.2007

⁶Jeanne Rubner, SZ, 27.12.2007

⁷Jeanne Rubner, SZ, 27.9.2007

⁸Anonym 4, SZ, 15.4.2006

2 Geothermie in Unterhaching

2.1 Begriffserklärung: Geothermie

Die Erde ist ein großer Wärmespeicher. Dass das Erdinnere heiß ist, beweisen die an die Erdoberfläche hervortretende Magma der Vulkane und die Geysire, aus denen heißes Grundwasser sprudelt. Die Geothermie oder auch geothermische Energie ist „eine natürliche, sich erneuernde Wärmeenergie, die [...] aus der Erdkruste gewonnen werden kann.“⁹

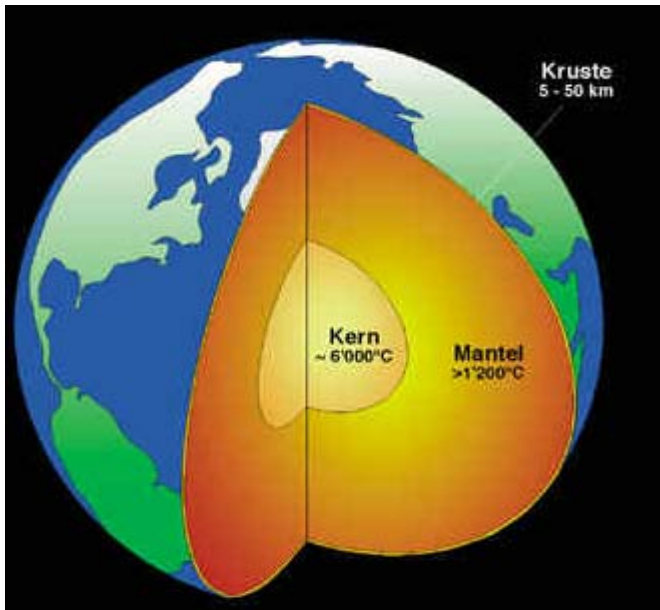


Abb.1: Querschnitt der Erde (Quelle: Knappek)

Die Erdwärme wird schon seit über tausend Jahren balneologisch in Form von Thermal- und Heilbädern genutzt. In der heutigen Zeit ist auch eine technische Nutzung der geothermischen Energie möglich: Sie dient zur Stromerzeugung und Wärmegewinnung. Die Quelle der Erdwärme ist der ca. 4500 bis 6500° C heiße Erdkern ¹⁰. „Durch den [aufwärts gerichteten] Wärmefluss werden Gesteins- und Erdschichten sowie auch unterirdische Wasserreservoirs erhitzt. Etwa 30 Prozent der

[geothermischen] Energie entstammen aus der Zeit der Erdentstehung vor 4,55 Millionen Jahren und etwa 70 Prozent aus dem noch andauernden Zerfall radioaktiver Isotope. Zusätzlich erwärmt sich die Erdoberfläche noch durch Sonneneinstrahlung und durch Wärmekontakte mit der Luft.“¹¹ Folglich gilt: „Je Tiefer man in die Erde vordringt, desto wärmer wird es.“¹² Pro 100 m Tiefe beträgt die Temperaturzunahme ca. 3° C, was in 1000m Tiefe zu Temperaturen zwischen 35 und 45° C führt. Eine Ausnahme bilden hierbei vulkanisch aktive Regionen. Sie werden als geothermische Anomalien bezeichnet, weil bereits in 1000m Tiefe 100° C anzutreffen sind.¹³

⁹ Leserer, 2005, S.292

¹⁰ Anonym 4, Geothermie

¹¹ Neupert, Strategie und Technik, 2006, S.35

¹² Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2004, S.1

¹³ Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2004 S.1 f

2.2 Standortfaktoren für das Geothermieprojekt in Unterhaching

2.2.1 Geologische Rahmenbedingungen für Deutschland

Abbildung 2 veranschaulicht die Regionen in Deutschland, die für eine hydrothermale Nutzung der Erdwärme geeignet sind: der Oberrheingraben, die norddeutsche Tiefebene und das südbayerische Molassebecken.

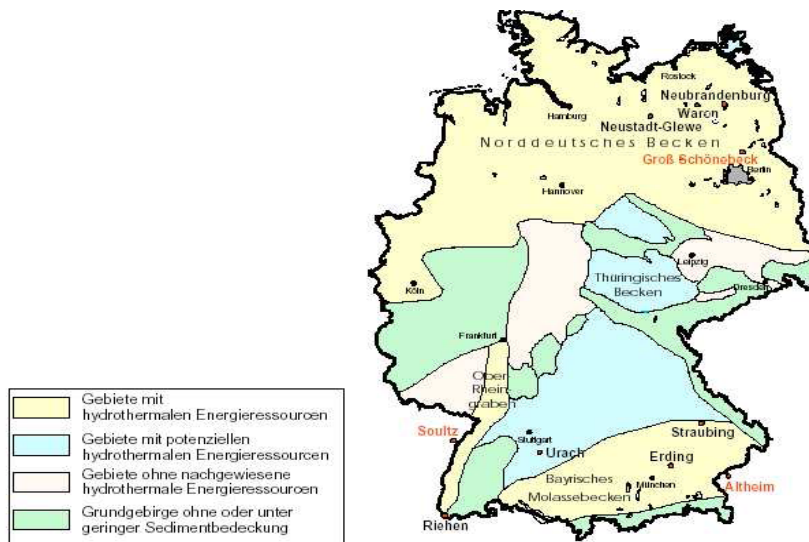


Abb.2: Verteilung der hydrothermalen Ressourcen in Deutschland (Quelle: Knapek)

Deutschlandweit gibt es 25 größere hydrothermale Anlagen.¹⁴ Diese werden jedoch mit Ausnahme von Neustadt-Glewe (Mecklenburg-Vorpommern), das seit 2007 mit der geothermischen Stromerzeugung begonnen hat, nur zur Gewinnung von Fernwärme und balneologisch genutzt.

Die Karte der Temperaturverteilung in 1500 m Tiefe in Nordbayern (Anlage 1) zeigt, dass in diesem Teil des Freistaates eine elektrische Energiegewinnung aus Erdwärme ausgeschlossen werden kann, da hier die Temperaturen unter den benötigten 100° C liegen. Das gleiche gilt für Erding, wo die seit 1998 erschlossene Thermalwasserquelle eine Temperatur von 65° C aufweist¹⁵ und Riem, wo seit 2006 90° C heißes Wasser aus dem Untergrund sprudelt¹⁶. Damit unterscheiden sich diese Projekte von Unterhaching, wo Deutschlands erstes Kalina-Kraftwerk, aus dem Thermalwasser gleichzeitig Wärme und elektrische Energie gewinnt.

¹⁴ Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2004, S.4

¹⁵ Appel Dieter 2006, Unerschöpfliche Wärme aus den Tiefen der Erde (SZ 7./8.1.)

¹⁶ Anonym 5, 2007, Energie, die aus der Erde kommt (SZ 17.8.)

Es stellt sich nun die Frage, wieso gerade Unterhaching ein geeigneter Standort für ein geothermisches Kraftwerk zur Gewinnung von Fernwärme und Strom ist.

2.2.2 Geologische Verhältnisse in Unterhaching

2.2.2.1 Aquifereigenschaften

Einen wichtigen Standortfaktor bilden die geologisch günstigen Verhältnisse bei Unterhaching.

Unterhaching liegt im südbayerischen Molassebecken, das sich von der Donau bis zum Alpenrand erstreckt¹⁷. Dort befindet sich eine wasserführende Kalksteinschicht des Malmkarstes im Oberjura.

Die im Molassetrog dominierende Schicht ist die über 2600 m mächtige Tertiärserie. Diese ist durch die 100 m mächtige Kreideabfolge von der Malmschicht getrennt. Generell fallen die Gesteinsschichten mit 1 bis 3° nach Süden bzw. Südosten ein. Den hauptsächlichen Energiespeicher bilden die Malmgesteine zwischen 2780 bis 3200 m.

Die Tertiärserie, die überwiegend von Ton-Sandmergel bestimmt wird, weist am Standort Unterhaching keine nennenswerten Thermalwasserquelle mit Temperaturen wesentlich über 100° C, auf, die für eine thermische Stromerzeugung erforderlich sind.¹⁸

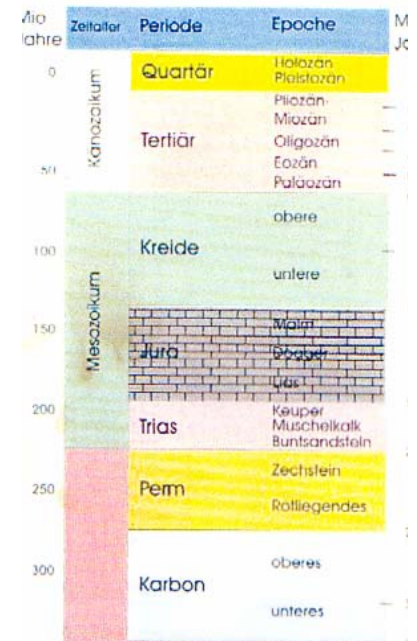


Abb.3: Abfolge der Gesteinsschichten (Quelle: Richter)

Vor über 100 Millionen Jahren wurde die Malmschicht stark verkarstet:

Ein Karst ist ein „geomorphologischer Landschaftstyp, der lösliche Gesteine (vor allem Kalk, Gips und Dolomit) aufweist, die der Lösungsverwitterung unterliegen. Die geomorphologische Formbildung durch Lösungsverwitterung wird als Verkarstung bezeichnet. Dabei entsteht der Formenschatz des Karstes mit Dolinen, Höhlen, Karren und Trockentälern. Der Karst weist einen gesteinsgeregelten Wasserhaushalt auf, [...], [wobei] sich im Untergrund komplizierte Karstwassersysteme herausgebildet haben. [...]"¹⁹

Im Zeitalter des Mesozoikums bildeten sich im Molassetrog die Jurameere, die vor allem Europa bedeckten. Diese marinen Verhältnisse hinterließen je nach Zustand des Meeres verschiedene Ablagerungen, die in ihren charakteristischen Formen als Lias, Dogger und Malm auftraten. Durch Lösungsverwitterung wurden die vorherrschenden Kluftsysteme er-

¹⁷ Westermann 1996, S.75

¹⁸ Terrawatt 2004, S.6

¹⁹ Leserer, 2005, S. 415

weitert und es entstanden Karsthöhlen.²⁰ Die Kalk- und Dolomitschichten des Malm sind besonders verkarstungsfähig²¹. Da der darunter liegende Dogger wasserundurchlässig ist, sammelte sich in diesen Rissystemen im Laufe der Zeit Wasser²². Der so entstandene Wasserspeicher wird auch als Aquifer bezeichnet. Laut Knappek „muss [man] sich das wie einen steinernen Schwamm in der Tiefe vorstellen.“²³

Im Zuge der alpidischen Gebirgsbildung wurde die Malmschicht immer mehr in die Tiefe gedrückt. Das hatte zur Folge, dass die Wassertemperatur im Aquifer anstieg. Zudem entstanden aufgrund der gravitativen Massenbewegung, d.h. der Rutsch- und Gleitbewegung ganzer Gesteinspakete, neue alpenparallele Klüfte und Klufthöhlen.²⁴

In der Fränkischen und Schwäbischen Alb liegt der Malm an der Oberfläche. Richtung Süden taucht er unter die mächtige Gesteinschicht des Tertiärs ab²⁵ (Anlage 2). Vor allem der 40 km breite Streifen südlich von München, der in West-Ost Richtung quer durch Oberbayern verläuft, weist besonders günstige Verhältnisse zur geothermischen Stromerzeugung auf. Dort ist die Verkarstung stark ausgeprägt und erreicht Tiefen von 250 bis 300 m unter der Malmoberfläche. Die lokal begrenzten Verkarstungen und Klüfte bei Unterhaching gestatten den Durchtritt des Wassers. Dadurch wird dieser Abschnitt des Malm als besonders guter Aquifer ausgezeichnet.²⁶

Wie in Abbildung 4 erkennbar, befindet sich der Malm in der Gegend von Unterhaching in ca. 3000 m Tiefe.

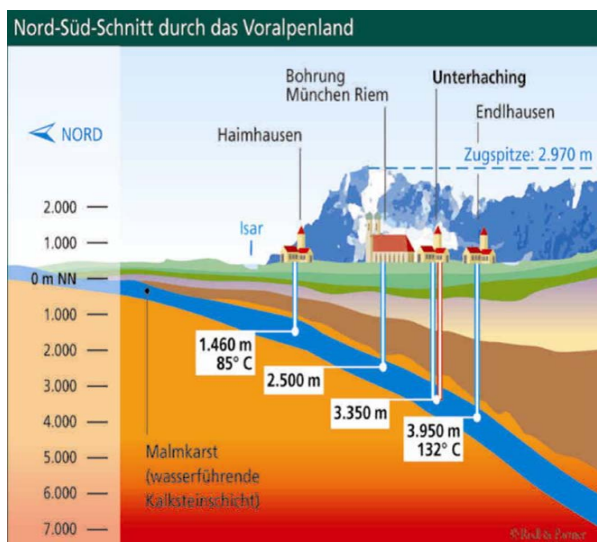


Abb.4: Verlauf der südbayerischen Molasse (Quelle: Knappek)

3000 m Tiefe.

Das Heißwasservorkommen liegt somit in erreichbaren Tiefen und die Mächtigkeit von 250 – 300 m verspricht hohe Förderraten.

Als Grundlage für die Erarbeitung des geothermalen Konzepts wurden die hydrogeologischen Daten aus der Kohlenwasserstoffexploration des westlichen Molassebeckens herangezogen. Die nächstliegenden Bohrungen südwestlich bis südöstlich vom Gemeindegebiet Unterhaching befinden sich

²⁰ Leserer, 2005, S.416

²¹ Leserer, 2005, S.161f

²² Leserer, 2005, S.161

²³ Knappek 2007, persönliches Interview

²⁴ Leserer, 2005, S.435

²⁵ Terrawatt, 2004, S.6f

²⁶ Terrawatt „2004, S.7ff

den sich bei Thanning, Endlshausen und Hofolding. Hilfreich waren auch die erstellten Seismikprofile der Erdölerkundungsbohrungen in Südbayern. Diese hydrogeologischen Gutachten ermöglichten genaue Aussagen über die Aquifereigenschaften. Weil jedoch die Ausbildung der Gesteine und damit auch die Wasserführung regional unterschiedlich ist, erstellte die Geothermie Unterhaching GmbH & Co. KG direkt am Standort Unterhaching neue Seismikprofile, um produktive Klüfte ermitteln zu können²⁷.

2.2.2.2 Temperaturverhältnisse

Ebenfalls herangezogen wurden die Ergebnisse der nordöstlich gelegenen Bohrungen bei Erding und München Riem und die Karte über die Temperaturverteilung an der Malmoberkante aus dem Atlas of Geothermal Resources in the European Community (Anlage 3). Diese Daten ließen darauf schließen, dass am Top-Malm im Bereich von Unterhaching Temperaturen zwischen 100 und 120°C vorherrschen.

Experten zufolge kann, auf der Basis der erstellten hydrogeothermalen Gutachten, für Unterhaching ein Heißwasservorkommen mit einer Temperatur von 115°C und einer Schüttung von 150 l/s prognostiziert werden. „Damit sind Voraussetzungen gegeben, in Unterhaching Strom und Wärme aus geothermale Wasser zu gewinnen!“, erklärte Schönwiesner-Bozkurt, Gesamtprojektleiter des Vorhabens²⁸.

2.2.3 Absatzmarkt

2.2.3.1 Abnehmer der Fernwärme

Beim Verkauf der Fernwärme spielt die Nähe zum Absatzmarkt eine besonders wichtige Rolle. Gegenüber anderen Standorten hat das Unterhachinger Geothermieprojekt potentielle Abnehmer der Fernwärme. Größere Wohnsiedlungen wie die Unterhachinger Grünau oder der Fasanenpark garantierten schon im Voraus einen lokalen Absatzmarkt.²⁹ Neben den Privathaushalten der 22 000 - Einwohner zählenden Gemeinde sollen künftig auch die öffentlichen Gebäude in Unterhaching (Kubiz, Sporthalle, Rathaus) mit Fernwärme versorgt werden. Aber auch in den Nachbargemeinden, wie zum Beispiel in Ottobrunn das Phönix-Erlebnisbad, gibt es potentielle Abnehmer der geothermisch erzeugten Fernwärme. Um sich abzusichern wurde zusätzlich per Fragebogen ermittelt, wie hoch das Interesse der Gemeindeglieder am Anschluss an das Fernwärmenetz ist. Die Resonanz war insgesamt positiv.³⁰

²⁷ Knapek, 2007, persönliches Interview

²⁸ Appel Dieter, 2006, Unerschöpfliche Wärme aus den Tiefen der Erde (SZ 7./8.1.)

²⁹ Morosow, 2006, Gemeindewerke Oberhaching zum Loslegen bereit (LKS 6.11.)

³⁰ Anonym 6, 2006, Kostengünstig und umweltfreundlich (Hallo 16.3.)

2.2.3.2 Abnehmer des Stroms

Für den Stromverkauf besteht nicht die Notwendigkeit eines lokalen Absatzmarktes. Der geothermisch erzeugte Strom kann auch an öffentliche Betreiber verkauft werden. Zwar könnte der Strombedarf von 11 000 Einwohnern Unterhachings durch den auf diese Weise erzeugten Strom gedeckt werden³¹, aber aus wirtschaftlichen Gründen wird der Strom an den Betreiber E.ON verkauft. Der zwischen der GTU und dem Konzern E.ON abgeschlossene Vertrag garantiert dem Unterhachinger Projekt einen - für zunächst 20 Jahre - sicheren Abnehmer des in der Kalinaanlage erzeugten Stroms.

2.2.4 Nähe zum Ballungsraum München

Ein weiterer Standortvorteil ist die Nähe zur Metropole München. Dadurch ist eine gute Verkehrsinfrastruktur (Eisenbahn, Autobahnanschluss A8 und A995, Flughafen) gegeben.³² Diese ausgeprägte verkehrstechnische Erschließung des Standorts Unterhaching garantiert in der Bauphase kurze Transportzeiten und geringe Transportkosten.

2.2.5 Grundstücksfläche

Um ein 3000 m tiefes Loch mit 20 cm Durchmesser in die Erde zu bohren, braucht man an der Oberfläche 5000 m³ Platz.³³ Hinzu kommt noch der Flächenbedarf für die Bauschuttdeponie. In Unterhaching befinden sich diese ausreichend großen und verkehrsgünstig gelegenen Flächen am Grünwalder Weg – hier sollte ursprünglich ein Wohngebiet entstehen – und am Zieglerweg, südlich der A8.

2.2.6 Engagement der Gemeinde

Die „mutigen Entscheidungen“³⁴, „der Enthusiasmus unter der Bevölkerung in den ersten zwei Jahren, die Gruppendynamik und Aufbruchstimmung“³⁵ machten die Realisierung eines solchen Pionierprojekts erst möglich. Die Landwirte beispielsweise, deren Felder parallel zum Grünwalder Weg liegen, genehmigten die Verlegung der Fernwärmeleitung schräg über ihre Felder, obwohl sie dadurch einen Ernteausfall in Kauf nehmen mussten.

2.2.7 Kapitalkosten

Die Bereitschaft und Aufgeschlossenheit der Gemeinde für das Projekt zeigt sich auch in ihrem finanziellen Engagement, das eine erfolgreiche Verwirklichung des Unterhachinger Geothermieprojekts gewährleistet. Die Gemeinde ist die alleinige Gesellschafterin der Geo-

³¹ Kanpek, 2007, persönliches Interview

³² Westermann, 1996, S.44

³³ Kleber, 2007, S.10

³⁴ Anonym 7, 2005, Meilenstein für Geothermieprojekt (SZ 19./20.11.)

³⁵ Morosow, 2006, Gemeindewerke Unterhaching zum Loslegen bereit (LKS 6.11.)

thermie Unterhaching GmbH & Co. KG (vgl. Kapitel IV/1.) und übernimmt die Bürgschaft für die Finanzierung des Projekts.

Eine weitere Hilfe bei Investitionen stellen die niedrigen Zinsen und staatlichen Investitionszulagen im Zuge der Förderung umweltfreundlicher Technologien dar. Helmut Schreiber, Leiter des Weltbank - Geofonds³⁶, äußerte in einem Interview mit der Süddeutschen Zeitung seine Begeisterung: „Das ist etwas Besonderes“³⁷, erkennt jedoch gleichzeitig, dass ohne öffentliche Hilfe „das nicht laufen würde“³⁸.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat im Zuge des Umweltinnovationsprogramms insgesamt 7,2 Millionen Euro an Zuschüssen gewährt.³⁹ Die seismischen Untersuchungen wurden aus dem Energieforschungsprogramm der Bundesregierung unterstützt. Darüber hinaus erhielt Unterhaching im Rahmen des Programms „Rationellere Energiegewinnung und – verwendung“ auch vom bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie einen Zuschuss zur Fündigkeitsversicherung⁴⁰.

Diese Standortvorteile für den Ort Unterhaching begünstigen die Realisierung des Geothermieprojekts.

2.2.8 Zusammenfassung der Rahmenbedingungen

Zusammenfassend werden noch einmal die Rahmenbedingungen für das Geothermieprojekt in Unterhaching dargestellt:

GEOLOGISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

Temperaturerwartungen	110 – 120°C
Schüttung	150 l/s
Endteufe; Malmaquifer	3 400 m
Verkarstungstiefe	250 – 300 m

³⁶ Weltbank-Geofunds ist ein Fond zur Unterstützung von Erdwärmeprojekten in Europa und Zentralasien

³⁷ Müller-Meiningen, 2007, Quellen der Euphorie (SZ 22.2.)

³⁸ Müller-Meiningen, 2007, Quellen der Euphorie (SZ 22.2)

³⁹ Müller-Meiningen, 2007, Quellen der Euphorie (SZ 22.2)

⁴⁰ Anonym 8, Geothermie Unterhaching - Nutzung

3 Pilotprojektcharakter

Die besonders guten Aquifereigenschaften und die mögliche hohe Kraftwerkleistung von 40 MW sind deutschlandweit einmalig und zeichnen das Geothermieprojekt in Unterhaching als Pionierprojekt aus. Aufgrund der hohen Temperatur und der hohen Schüttung des Thermalwassers wird ein speziell auf die Unterhachinger Bedürfnisse zugeschnittenes Kraftwerkkonzept benötigt. Das innovative Gesamtkonzept zur Strom- und Wärmegewinnung mit positiven Umweltauswirkungen und der in Deutschland erstmalige Einsatz der Kalinatechnik zur Stromerzeugung machen das Unterhachinger Geothermieprojekt zum derzeit technisch und finanziell aufwendigsten Vorhaben in Deutschland.

3.1 Projektmanagement

Zur Steuerung und Verwaltung dieser in vielerlei Hinsicht einzigartigen Technik ist ein speziell auf das Geothermieprojekt in Unterhaching angepasstes Management notwendig.

„Auch hier werden in Unterhaching neue Maßstäbe gesetzt, [...]“⁴¹ versicherte Gesamtprojektleiter Schönwiesner-Bozkurt. Mit der Projektleitung wurde die Wirtschaftsprüfungs-, Steuer- und Rechtsberatungskanzlei Rödel & Partner beauftragt. Sie trägt die Gesamtverantwortung für das Projekt. Ein Team aus Wirtschaftsberatern, Rechtsanwälten und Ingenieuren erstellte eine detaillierte Businessplanung, die einen Ausgleich zwischen den wirtschaftlichen, technischen, rechtlichen, organisatorischen und geologischen Interessen anstrebt.⁴²

Für die Planung und Bauleitung ist die GTN (Geothermie Neubrandenburg GmbH) zuständig.

3.2 Fündigkeitsversicherung

Des Weiteren mussten auch zentrale Fragen wie Finanzierung, Versicherung und Haftung geklärt werden.

Die Existenz der heißen Thermalwasservorkommen ist in der Fachwelt unumstritten, fraglich ist jedoch, ob man mit dem Bohrer die richtige Stelle der Vorkommen trifft.

Dieses so genannte Fündigkeitsrisiko stellte bisher das größte Investitionshindernis bei der Geothermie dar.

„Vor der Hacke ist es duster“⁴³ und erst mit dem Abschluss der Bohrungen können genaue Aussagen über die tatsächlich bestehende Temperatur und Schüttung des Thermalwassers gemacht werden. Die Kosten für eine Tiefenbohrung belaufen sich laut Knapke auf ca.

⁴¹ Steinbacher, 2006, Chancen und Risiken des heißen Wassers aus der Tiefe (SZ 22.2.)

⁴² Rödel&Partner, 2007, S.2 (Pressemitteilung)

⁴³ Müller-Meining, 2007, Quellen der Euphorie (SZ 22.2.)

10 Millionen Euro. Durch das Risiko einer Nichtfündigkeit oder Teilfündigkeit ergibt sich auch ein sehr hohes finanzielles Risiko, welches die Wirtschaftlichkeit des Projekts beeinträchtigt. Versicherungen und Investoren, die dieses Risiko auf sich nehmen, sind kaum auffindbar. Doch auch hier war Unterhaching wegweisend, indem es weltweit die erste privatwirtschaftliche Fündigkeitsversicherung abschloss. Diese 1,2 Millionen Euro teure Police, entwickelte die Projektbetreuungsfirma Rödel & Partner gemeinsam mit der Münchner Rück und sicherte mit ihrer Umsetzung Unterhaching gegen einen Misserfolg ab⁴⁴. Außerdem wurden zusätzliche technische und materielle Aufwendungen zur Fündigkeit – z.B. das Ablenken der Bohrungen – mitversichert.

Die Fündigkeit wird in der Machbarkeitsstudie der Firma TerraWatt wie folgt definiert:

„Bei einer erreichten Bohrlochkopftemperatur von 115 – 120 °C in der Förderbohrung sowie einer erfolgreich nachgewiesenen Schüttung von 150 l/s liegt eine nutzbare geothermische Leistung zur Stromerzeugung von ca. $P = 28$ MW vor. Im Sinne des Projektziels kann dies [nach der Machbarkeitsstudie der Firma Terrawatt] als fündig für die Produktionsbohrung angesehen werden.[...]

Im Falle einer Teilfündigkeit kann durch zusätzliche technische Maßnahmen, wie bei den Tiefbohrungen in Straubing und Altheim, eine höhere Fündigkeit erreicht werden. Als eine noch ausreichende Fündigkeit hinsichtlich des Projektziels der Stromerzeugung wird eine Bohrlochkopftemperatur von 106°C bei einer Schüttung von 100 l/s festgelegt. Bei diesem „Minimal Design“ stehen ca. 15 MW thermische Leistung zur Stromerzeugung zur Verfügung.“⁴⁵

Gesamtprojektleiter Schönwiesner-Bozkurt von Rödel & Partner beurteilte diese „hochkonzeptionelle Herangehensweise der fairen Risikoteilung zwischen allen Beteiligten einerseits und der absoluten Orientierung am wirtschaftlichen Notwendigen andererseits“ als „Schlüssel zum Erfolg“. ⁴⁶ Im Auftrag des Bundesministeriums wird nun ein Konzept zur bundesweiten Umsetzung der Versicherung erarbeitet.⁴⁷

3.3 Technisches Neuland

3.3.1 Kraftwerk – System

Das Geothermieprojekt Unterhaching setzt auch bei der Nutzung der Thermalwasserquelle neue Maßstäbe. In Unterhaching entsteht deutschlandweit das erste Kraftwerk auf der Basis der Kraft-Wärme-Kopplung. Im Unterschied zu herkömmlichen Geothermieranlagen wird das aus ca.

⁴⁴Hilberth, 2004, Tief gebohrt (Frankfurter Rundschau 17.2.)

⁴⁵ Terrawatt, 2004, S.34

⁴⁶ Pecka, 2003, Risikominderung bei Geothermie (1.12.)

⁴⁷ Anonym 9, Geothermie Durchbruch

3500 m Tiefe stammende und 122°C heiße Wasser nicht nur für das örtliche Fernwärmenetz genutzt, sondern dient je nach Bedarf auch der Stromerzeugung.

Die in Unterhaching angewandte Methode zur Förderung des Heißwassers aus der Tiefe ist das Doublet – System. Es besteht aus zwei Bohrungen: der Produktionsbohrung, auch Förderbohrung genannt, und der Verpressbohrung, auch als Injektionsbohrung bezeichnet.

Bei der ersten Bohrung, der Produktionsbohrung, pumpt man das Thermalwasser aus 3350 m Tiefe an die Oberfläche. Per Thermalwasser-Wärmetauscher wird die Wärme auf drei weitere Wasserkreisläufe übertragen.

Für die Fernwärme wird das Heißwasser über den Wärmeträger Wasserdampf in den Rohrleitungen des Fernwärmenetzes zu den einzelnen Verbrauchern transportiert.

Bei der Stromerzeugung durch Erdwärme wird die Wärme des Thermalwassers auf ein Ammoniak-Wasser-Gemisch des Kalina-Kreislaufs transportiert, welches verdampft. Dieser Ammoniak-Wasser-Dampf treibt eine Turbine an, die Strom erzeugt.

Die Kraft-Wärme-Kopplung kombiniert diese zwei Prozesse miteinander. Für Unterhaching entwickelte man die Strategie der parallel geschalteten Wasserkreisläufe. Bei normalem Wärmebedarf

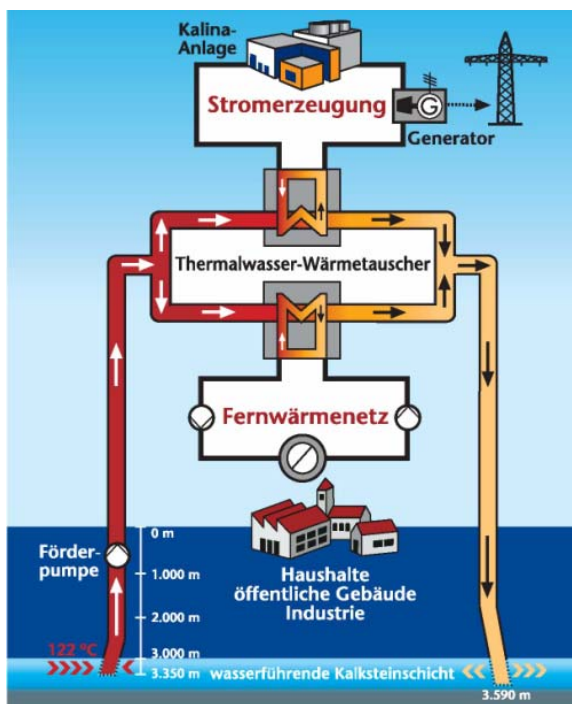


Abb.5: Schema eines geothermischen Kraftwerks nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (Quelle: Knappek)

wird ein konstanter Teil des Heißwassers parallel an der Verstromungsanlage vorbeigeführt. 125 l/s dienen der Stromerzeugungsanlage und 25 l/s werden zum Kreislauf der Fernwärmenutzung transportiert⁴⁸. Dies hat zur Folge, dass die mögliche elektrische Leistung von 4 MW auf 3,35 MW reduziert wird. Damit kann für die Wärmeablieferung in Unterhaching eine maximale thermische Leistung von ca. 40 MW für die Versorgung von etwa 60% der Haushalte zur Verfügung gestellt werden. Abhängig von Jahreszeit und Wärmebedarf steht mehr oder weniger Energie zur Stromerzeugung zur Verfügung.

Nach der Wärme- und Stromgewinnung wird das Wasser über eine Thermalwassertrasse von der Förderbohrung zur Verpressbohrung geleitet. Dort

wird es wieder in die Kalksteinschicht gepresst, aus der es entnommen wurde. Dadurch wird gewährleistet, dass der unterirdische Wasservorrat und das Druckniveau im Thermalwasserkreislauf erhalten bleiben.⁴⁹ Da um die zwei Bohrungen herum das Wasser abgesenkt wird,

⁴⁸ Knappek Erwin, 2007, Vortrag

⁴⁹ Morosow, 2006, Eine Trasse von 3,5 Kilometer für Geothermieprojekt (LKS 17.1.)

musste die Verpressbohrung in einem Abstand von 2-3 km⁵⁰ Entfernung niedergebracht werden, um eine gegenseitige Beeinflussung der Bohrungen zu vermeiden.

Zur Reserve sowie zur Abdeckung von Spitzenlasten, speziell im Winter, steht ein fossil-befeuertes Heizwerk an der Biberger Straße bereit. Die Leistung der zwei Heizkessel beträgt insgesamt

52 MW⁵¹, sodass das Redundanzkraftwerk auch für eine vollständige ganzjährige Versorgung aufkommen könnte⁵².

Durch die Kombination der Stromerzeugung mit der Wärmelieferung ist die Energieausbeute des Thermalwassers besonders hoch⁵³.

3.3.2 Kalinaanlage

Zentraler Bestandteil der Geothermieanlage ist die Kalinaanlage. Der Preis für die Anlage beläuft sich auf 14 Millionen Euro.⁵⁴ Die Kalinatechnologie ist nach ihrem russischen Erfinder Alexander Kalina benannt. Der Kalina-Prozess beruht auf dem Einsatz einer Mischung aus Ammoniak und Wasser als Wärmeträger.

Referenzanlagen für diese Technik bestehen bereits in Husavik, Island und bei Sumitomo, Japan. In Deutschland dient sie erstmals zur Stromerzeugung aus geothermischer Energie.⁵⁵

In Abbildung 6 ist der Stromerzeugungsprozess bei einem Kraftwerk mit Kalina-Dampfkreislauf schematisch dargestellt:

Das aus der Tiefe geförderte Heißwasser gibt über einen Thermalwasser-Wärmetauscher seine Wärme an das Ammoniak-Wasser-Gemisch ab. Dieses siedet durch die Wärmezufuhr am Verdampfer.

Der aufsteigende Ammoniak-Wasser-Dampf treibt – vergleichbar mit konventionellen Heizwerken – eine Turbine an. Die thermische E-

nergie wird hier in elektrische Energie umgewandelt und ins öffentliche Netz eingespeist. Das

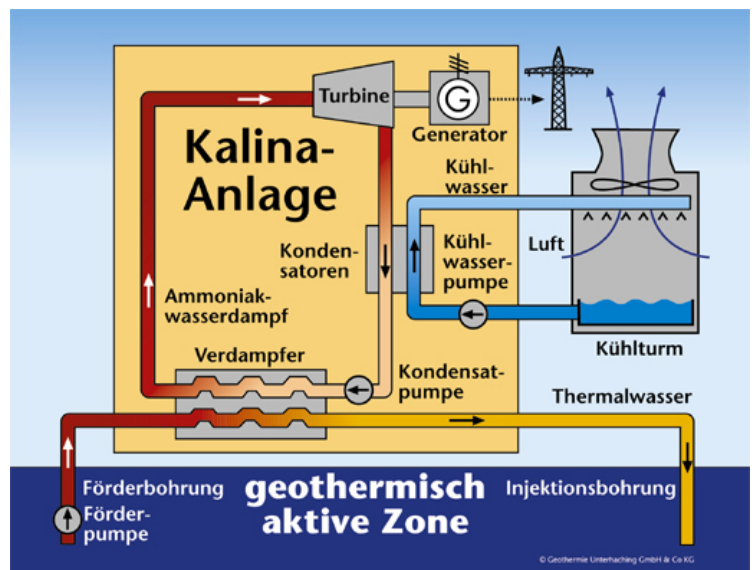


Abb.6: Kraftwerk mit Kalinaanlage (Quelle: Knapek)

⁵⁰ Knapek, 2007, persönliches Interview

⁵¹ Knapek, 2007, Der Bayrische Bürgermeister, S. 280

⁵² Geothermie GmbH & Co KG, Die Wärmeversorgung ihrer Gemeinde; Technologie/Bohrung

⁵³ Geothermie GmbH & Co KG, Die Wärmeversorgung ihrer Gemeinde; Technologie/Bohrung

⁵⁴ Morosow, 2007, Sprudelnde Einnahmequelle (SZ 5.6.)

⁵⁵ Knapek, 2008, Vortrag

dabei auf 70°C abgekühlte Zweistoffgemisch wird anschließend bei der Nasskühlung durch Kühlwasser weiter abgekühlt, sodass es bei 25 bis 30°C kondensiert.⁵⁶ Eine erneute Wärmeübertragung vom Thermalwasser auf das Ammoniak-Wasser-Kondensat ist möglich. Somit entsteht ein geschlossener Kreislauf.

Im Gegensatz zu reinen Arbeitsmedien – wie organisches Fluid beim Organic-Ranking-Cycle – siedet und kondensiert dieses Zweistoffgemisch bei konstantem Druck über einen weiten Temperaturbereich. Dabei wird die niedrige Siedetemperatur – weit unter 100°C – des Ammoniaks ausgenutzt. Mit weniger Energie als zum Beispiel beim Arbeitsmedium Wasser kann auch bei niedrigen Temperaturen wie z.B. den 122°C des Unterhachinger Wassers ausreichend Dampf erzeugt werden, um die Dampfturbine zu betreiben.⁵⁷ Ein weiterer Vorteil des Wärmeträgers Ammoniak-Wasser ist das flexibel variierbare Mischungsverhältnis. Dadurch kann die Leistungsfähigkeit des Kraftwerks an saisonale Temperaturschwankungen und die damit verbundene Abnahmemenge der Fernwärme angepasst werden.⁵⁸

Das Arbeitsmittel Ammoniak-Wasser sichert zudem eine verlustarme Wärmübertragung bei der Verdampfung und Kondensation.⁵⁹

Dank dieser modernen Kraftwerkstechnologie der Kalinaanlage wird eine Nutzung von Thermalwasser im Niedrigenthalpiebereich mit einem Wirkungsgrad von 10 bis 12 Prozent ermöglicht. Mit Fluid betriebene Anlagen haben im Vergleich dazu einen Wirkungsgrad von 8 Prozent⁶⁰. Die Energieausbeute wird folglich erhöht.

3.3.3 Weitere neuartige Elemente der Geothermieanlage

Die Förderung des Thermalwassers zur Stromerzeugung und Fernwärmegewinnung erfordert bei der Bohrtechnik großdimensionierte Bohr- und Ausbauquerschnitte. Erstmals wird ein Bizep-termeisel mit 24 Zoll Durchmesser am oberen Ende und 8 ½ Zoll Durchmesser am unteren Ende eingesetzt.

Der Bohrer ist ein Gestänge aus miteinander verschraubten Rohren mit einem diamantbesetzten Bohrkopf an der Spitze. Pro Minute macht er 70 bis 130 Umdrehungen.

Dadurch wird das Gestein zerkleinert und der Bohrkopf dringt immer weiter in die Tiefe vor. Indem man weitere



Abb.7: Bohrmeisel mit 24 Zoll Durchmesser
(Quelle : Knappek)

⁵⁶ Knappek, 2007, persönliches Interview

⁵⁷ Anonym 7, 2005, Meilenstein für Geothermieprojekt (SZ 19./20.11.)

⁵⁸ Siemens AG, 2005, Erdwärme wirtschaftlich nutzen

⁵⁹ Richter, 2007, persönliches Interview

⁶⁰ Richter, 2007, persönliches Interview

Rohrstücke anschraubt, kann das Gestänge auf 9000 m verlängert werden. Die neu eingebauten Rohre müssen für eine optimale Isolierung einzementiert werden. Eine Spülflüssigkeit aus Wasser und Carbonat befördert das zerkleinerte Gesteinsmaterial nach oben.⁶¹

„Mit dem Bohren allein ist es aber noch nicht getan, schließlich muss das Wasser auch noch hoch gepumpt werden.“, lautet es in der Süddeutschen Zeitung vom 22.2.2006. Eine Neuheit bei dem Geothermieprojekt in Unterhaching ist auch die Groß-Unterwasserpumpe, die 700 m unter dem Grund in der Förderbohrung eingebaut wurde, um das Wasser hoch zu pumpen. Die bisher auf dem Weltmarkt verfügbaren Pumpen sind für die hohen Temperaturwerte und Mengen des Unterhachinger Thermalwassers nicht stark genug. Deswegen musste eine Spezialanfertigung entwickelt werden.⁶² Hersteller ist die Firma Centrillift.⁶³ Die neu entwickelte Unterwasserpumpe erbringt eine Leistung von 710 kW, um das Wasser an die Oberfläche zu fördern. Spezielle Isolierschichten machen den Motor gegenüber den 122°C des Heißwassers belastbar.⁶⁴

Eine besonders gute Isolierung ist auch beim Rohrleitungsnetz erforderlich. Die neuartige Isolierzementation bei der Abdichtung der Verbindungsstücke der Rohre und die besondere Beschichtung der Glasfaserkohlenstoffrohre (GFK-Rohre) für das Fernwärmenetz verringern die Wärmeverluste sowie die Korrosionsschäden an den Rohren.⁶⁵

Der frühere bayerische Wirtschaftsminister Otto Wiesheu lobte das Projekt, mit der Begründung, es nehme „technisch eine Vorreiterrolle“⁶⁶ ein.

4 Chronologischer Verlauf der Errichtung der Geothermieanlage: Ereignisse im Jahr.....

4.1 ... 2001

Basis für die Geothermieanlage in Unterhaching ist die Sicherung der Lebensgrundlage Energie für die Gemeinde Unterhaching. In Artikel 83 der Bayerischen Verfassung wird den Städten und Gemeinden die Daseinsvorsorge ihren Gebietskörperschaften übertragen. Zur Daseinsvorsorge zählt unter anderem eine gesicherte Energieversorgung. Wie diese zu bewerkstelligen ist, können die Kommunen selbst bestimmen. Im Rahmen des Klimaschutzes und einer effizienten, sowie alternativen Energieversorgung wurde im Jahr 2001 die Geothermie Unterhaching GmbH & Co. KG gegründet. Ziel dieser kommunalen Gesellschaft ist

⁶¹ Knappek, 2008, Vortrag

⁶² Steinbacher, 2006, Chancen und Risiken des heißen Wassers aus der Tiefe (SZ 22.2.)

⁶³ Morosow, 2007, Kraftlose Pumpe bremst Geothermie-Projekt (LKS 24.9.)

⁶⁴ Knappek, 2007, persönliches Interview

⁶⁵ Knappek, 2008, Vortrag

⁶⁶ Anonym 7, 2005, Meilenstein für Geothermieprojekt (SZ 19./20.11.)

die Nutzung des Thermalwassers unter Unterhaching zur Erzeugung von Strom und Heizwärme.⁶⁷

4.2 ... 2003

Im Mai 2003 erhielt die Gemeinde Unterhaching vom Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit einen nichtrückzahlbaren Zuschuss in Höhe von € 1.232.223 und ein Sonderdarlehen in Höhe von € 22 449 370 als Unterstützungsgeld für das Geothermieprojekt.⁶⁸

Im Oktober erfolgte die Errichtung des Bohrplatzes am Grünwalder Weg.

Im November des gleichen Jahres wurde schließlich nach langen Vertragsverhandlungen die neu entwickelte Fündigkeitsversicherung abgeschlossen. Nun war das Risiko einer Teil- oder gar Nichtfündigkeit der geothermischen Tiefenbohrung abgesichert.

Die Bohrarbeiten hätten beginnen können. Da aber der überdimensionale Bizeptermeisel mit einem Durchmesser von 8 ½ Zoll in Deutschland noch nicht genehmigt war, kam es zu Verzögerungen. Das bayerische Bergamt forderte eine Bohrung mit einem kleineren Durchmesser. Weil Experten dadurch jedoch den Verlust der Wirtschaftlichkeit des Projekts befürchteten, erteilte das Bergamt doch die Genehmigung für den Einsatz des Bizeptermeisels.⁶⁹

4.3 ... 2004

Am 26.1.2004 fiel der Startschuss für die Geothermie in Unterhaching. Es wurde mit den ersten Bohrungen für die Förderbohrung begonnen. Der Auftrag für das erste Bohrloch wurde der Firma Drilltec aus Deggendorf, einer Tochtergesellschaft der Max Streicher GmbH, erteilt.

Beim Besuch des damaligen Bundespräsidenten Jürgen Trittin in Unterhaching war man stolz, dass bei der Bohrung alles ohne Probleme lief. Aber auch bei einem noch so gut vorbereiteten Projekt können Schwierigkeiten auftreten. So kam es aufgrund technischer Probleme erneut zu Verzögerungen. Im März traten in einer Tiefe von 800 m undichte Stellen an den Bohrrohren auf. Grund dafür waren falsch geschnittene Gewinde. Um die Lecks zu beseitigen wurde nachzementiert, kleinere Rohre wurden in die bestehende Rohrtour eingeführt.

Nachdem man im August in eine Tiefe von 3025 m vorgedrungen war, ereignete sich die zweite Panne. Wegen dem Einbau weiterer Rohrstücke musste nachgebohrt werden. Dabei verkeilte sich das Bohrgestänge in einer Tiefe von 3007 m. Durch den Tiefendruck verformten sich die Rohre zu einer Ellipse. Bohrmeisel und Rohrgestänge waren so fest aneinander gedrückt worden, dass sie nur noch mittels Sprengstoff getrennt werden konnten.⁷⁰

⁶⁷ Knappek, 2007, Der Bayerische Bürgermeister S.277

⁶⁸ Rödel&Partner GmbH, Geothermie Unterhaching, 2.Bohrung

⁶⁹ Knappek, 2007, persönliches Interview

⁷⁰ Pecka, 2004, Weiter Panne bei Geothermie (E&M 16.8.)

Am 27.9.2004 wurde in einer Tiefe von 3446 m die Malmoberkante erreicht. Das aus der Tiefe strömende thermale Wasser weist eine Temperatur von 122°C auf und hat eine Schüttung von 150 Liter Wassermenge pro Sekunde.⁷¹ „Dies ist ein historischer Durchbruch für die Geothermie in Deutschland. Selbst unsere optimistischen Erwartungen wurden übertroffen. Damit sind Voraussetzungen gegeben, in Unterhaching Strom und Wärme aus geothermale Wasser zu gewinnen.“⁷², erklärte Schönwiesner-Bozkurt bei der offiziellen Bekanntgabe der Ergebnisse.



Abb.8: Heißer Dampf steigt aus dem Bohrloch an dem Grünwalder Weg
(Quelle: Knappek)

4.4 ... 2005

Am 18. November unterzeichneten Unterhachings Bürgermeister Erwin Knappek und Siemens-Vorstand Claus Weyrich im Beisein des damaligen bayerischen Wirtschaftsminister Otto Wiesheu den Vertrag für die Errichtung der Kalinaanlage zur Stromerzeugung aus geothermischer Energie.

Bereits im März 2005 wurde die zweite Bohrung ausgeschrieben, doch erst nach drei Ausschreibungsperioden wurde man fündig. Aufgrund der gestiegenen Ölpreise hat die Ölexploration stark zugenommen. Angesichts der hohen Nachfrage werden viele Bohrgeräte zur Ölsuche ins Ausland verkauft und sind auf dem Weltmarkt nur schwer erhältlich.

4.5 ... 2006

„Man habe eine lange Durststrecke überwinden müssen, bis endlich ein geeignetes Bohrgerät gefunden worden sei“⁷³, erklärte Knappek bei der Segnung des zweiten Bohrlochs Ende Mai. Die englische Firma Edeco Petroleum Services LTD stellte den Bohrturm für das zweite Bohrloch.⁷⁴ Die Bohr- und Testarbeiten wurden von der Firma Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH durchgeführt. Der 54m hohe Bohrturm konnte aber nicht wie geplant am 2. Juni 2006 aufgestellt werden, denn das dazu notwendige Spezialseil mit einer Zugkraft von 100 Tonnen und ein Spezialhaken aus den USA fehlten zu diesem Zeitpunkt noch. Mehr als sechs Wochen nach dem vereinbarten Termin wurden sie erst geliefert.⁷⁵

⁷¹ Morosow, 2007, Sprudelnde Einnahmequellen (SZ 5.6.)

⁷² Rödel&Partner GmbH, 2007,S.1 (Pressemitteilung)

⁷³ Morosow, 2006, Zuversicht vor einem liegenden Bohrturm (LKS 3./5.6.)

⁷⁴ Morosow, 2006, Zuversicht vor einem liegenden Bohrturm (LKS 3./5.6.)

⁷⁵ Morosow, 2006, Zuversicht vor einem liegenden Bohrturm (LKS 3./5.6.)



Abb.9: Nach langer Verzögerung wurde der Bohrturm für die zweite Bohrung aufgestellt (Quelle: Knappek)

Am 10. Juni 2006 wurde der mächtige Stahlkoloss am Bohrgelände neben der Salzburger Autobahn am Ziegelweg östlich der Biberger Straße in die Vertikale gebracht. Doch obwohl die Bohrmannschaft zum Bohren bereit war, konnte der Bohrkopf noch nicht in die Tiefe vordringen. Die Bohranlage musste vorher vom Bergamt inspiziert und abgenommen werden. Beispielsweise war der Einbau eines zusätzlichen Gestänges im unteren Teil des Bohrturms noch nötig, um seine Statik zu verbessern. Am Dienstag, den 20.6.2006 waren alle Nachbesserungen abgeschlossen und wenige Tage später konnte die zweite Bohrung erfolgen.⁷⁶

Damit die Druck- und Temperaturverhältnisse des ersten Bohrlochs nicht negativ beeinflusst werden, wurde die zweite Bohrung 3,5 km von der Förderbohrung entfernt niedergebracht.

Mitte Januar wurden die ersten Leitungsstücke der Thermalwassertrasse verlegt. Sie führt vom Bohrplatz der Förderbohrung am Grünwalder Weg zur Verpressbohrung am Ziegelweg. Die GFK-Rohre wurden in einem Graben in 80 cm Tiefe verlegt und transportieren das nach der Strom- und Wärmeerzeugung abgekühlte Thermalwasser von der ersten zur zweiten Bohrung. Für die Planung und Bauüberwachung war das Unterhachinger Ingenieurbüro IHG Hammer gemeinsam mit dem Büro IGEU (Neuried) zuständig.

Im Frühjahr 2006 wurde der Bau des Kalinakraftwerks nahe der Produktionsbohrung am Grünwalder Weg gestartet.

Der Bau der Fernwärmeleitung vollzog sich in zwei Abschnitten. Die ersten Rohre des ersten Bauabschnitts wurden ab Mai von den Mitarbeitern der Firma MCE Industrietechnik Ost GmbH verlegt. Gleichzeitig wurden die Haushalte an das Fernwärmenetz angeschlossen und die Wärmeübergabestationen eingebaut.

Bei der Verlegung der Rohrleitungen für die Thermalwassertrasse und das Fernwärmenetz stellte vor allem die Unterquerung der S-Bahnstrecke ein Hindernis dar. Aufgrund der Bautätigkeiten kam es auch häufig zu Verkehrseinschränkungen, Lärmbelästigung, Blockierung von Hauseingängen und Unzugänglichkeit von Parkplätzen.

Ende des Jahres 2006 näherte sich das Unterhachinger Geothermieprojekt dem Endspurt.

Im November wurden die beiden Heißwasserkessel für das fossil-befeuerte Heizkraftwerk an der Biberger Straße von der Firma Imtech geliefert und der Wasser-Dampf-Kreislauf von der Firma Lausser eingerichtet. Die Verlegung der Thermalwassertrasse und die Drucktests wurden erfolgreich abgeschlossen. Durch die Injektionsbohrung erreichte man in einer Tiefe von 3174 m die Malmoberkante.⁷⁷

⁷⁶ Morosow, 2006, Stahlkollos zügig auf die Beine gestellt (LKS 13.6.)

⁷⁷ Morosow, 2006, Strom und Heizenergie (LKS 31.10./1.11.)



Abb.10: Verlegung der Rohre für das Fernwärmenetz (Quelle: Knappek)

Der Abschluss des ersten Bauabschnitts des Fernwärmenetzes war im Dezember. Insgesamt wurden ca. 12 km Fernwärmeleitungen mit einer Anschlussleistung von 22 MW verlegt.

Die Vorbereitungen für den 2. Bauabschnitt haben bereits begonnen. Hierbei richtet sich die Verlegung der Fernwärmeleitung vor allem nach dem Kundeninteresse. Mit Hilfe von Erfassungsbögen wurden die möglichen Anschlussdaten aus diesem Bereich gesammelt. Sobald die Wirtschaftlichkeit in den einzelnen Straßen nachgewiesen ist, können auch dort Fernwärmeleitungen verlegt werden.⁷⁸

Zur gleichen Zeit wurden die Stimulations- und Testarbeiten an der zweiten Bohrung durchgeführt. Sie ergaben jedoch eine zu geringe Schüttung: Sie lag bei nur 7 l/s.⁷⁹ Mit Hilfe einer Säuerungsaktion in 3400 m Tiefe sollte die Schüttungsmenge des Thermalwassers erhöht werden. Die in das Bohrloch eingebrachte Salzsäure löst dabei die dünne Kalkwand auf, sodass das Kluftsystem vergrößert wird und mehr Wasser zuströmt.⁸⁰ Diese Methode blieb jedoch weitestgehend ohne Erfolg. Der Bohrbetrieb wurde wieder aufgenommen, doch auch in einer Teufe von 3600 m war die Schüttungsrate der Verpressbohrung nur halb so groß wie bei der Produktionsbohrung. Sie belief sich auf 75 l/s. Die Temperatur des Thermalwassers betreffend ergaben die Pumpstests ein erfreuliches Ergebnis von ca. 125°C.⁸¹ Damit das bei der ersten Bohrung geförderte Wasser mit einer Schüttung von 150 l/s über die Injektionsbohrung ohne großen technischen Aufwand wieder in die Kalksteinschicht gepresst werden kann, ist eine mindestens genauso hohe Schüttung erforderlich.

4.6 ... 2007

Aus dem oben genannten Grund wurde nach der Weihnachtspause im Direktspülverfahren mit Klarwasser weiter in die Tiefe gebohrt.

Am 18. Januar 2007 erwies sich die Entscheidung weiter zu vertiefen als richtig. In einer Teufe von 3 864 m wurde man schließlich fündig und die Ergebnisse der Pumpstest übertrafen sogar alle bisherigen Erwartungen. Die Temperatur des Heißwassers beläuft sich derzeit auf etwa 133°C und die Schüttung beträgt bis zu 150 l/s⁸².



Abb.11: Am 18.1.2007 sprudelt endlich heißes Wasser aus der Erde (Quelle: Knappek)

⁷⁸ Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG, 2007, Aktueller Projektstand, S.1

⁷⁹ Knappek, 2008, Vortrag

⁸⁰ Anonym 11, 2006, Nachbohrung erforderlich (SZ 22.12.)

⁸¹ Anonym 11, 2006, Nachbohrung erforderlich (SZ 22.12.)

⁸² Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG, 2007, Aktueller Projektstand, S.3

Während die Bohrarbeiten im Januar auf Hochtouren liefen wurde das Gebäude der Kalinaanlage fertig gestellt. Die Arbeiten für das Redundanzheizwerk nähern sich auch ihrem Ende.

Am 7. März wurde einer der zwei Wärmetauscher geliefert. Die Wärmespeicher haben jeweils ein Fassungsvermögen von 120 m³. Sie sind für die Wärmeversorgung bei Ausfall des Kalinakraftwerks und in Spitzenlastzeiten notwendig.⁸³

Die Inbetriebnahme der Thermalwassertrasse erfolgte im Rahmen des Zirkulationstests zur Überprüfung der Bohrungen für den Praxisfall am 26. März 2007. Der Dauerpumpversuch zeigte, dass die beiden Bohrungen aufgrund des geschlossenen Thermalkreislaufs miteinander kommunizieren.⁸⁴

Im Mai kam es am Redundanzheizwerk zu technischen Schwierigkeiten. Durch eine zu niedrige Wassertemperatur verkleinerte sich das Volumen im Heizkessel. Es kam zum Unterdruck und der Heizkessel implodierte. Bis ein neuer Kessel geliefert wurde, war die Wärmeversorgung durch den zweiten Wärmespeicherbehälter gewährleistet.⁸⁵

Am Montag, den 23.6.2007 wurde die Turnhalle des Lise-Meitner-Gymnasiums in Unterhaching als erste Einrichtung an das geothermische Fernwärmenetz angeschlossen. Die Wärmelieferung für die Sporthalle beträgt bis zu 850 Kilowatt. Vorerst wurde die Wärme durch das fossile Heizkraftwerk an der Biburgerstraße, nicht aber von der Erdwärme, erzeugt.⁸⁶

Am 4. Oktober war es dann so weit: „Unterhaching heizt erstmals mit Geothermie“⁸⁷. Etwa drei Jahre nach dem erfolgreichen Abschluss der ersten Bohrung am 27.9.2004 fließt geothermische Energie in das Fernwärmenetz. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden die Haushalte mit der im fossil betriebenen Redundanzheizwerk erzeugten Wärme versorgt. In der Pressemitteilung der Geothermie Unterhaching GmbH & Co. KG hieß es: „Die Fernwärmeversorgung wird in Zukunft aus Thermalwasser aus 3350 Metern Tiefe gespeist.“⁸⁸

Bis zur Inbetriebnahme der Fernwärmeversorgung waren bereits 140 Kundenanlagen installiert und 96 Wärmeübergabestationen an das Netz angeschlossen.⁸⁹ Die Länge der Fernwärmeleitung belief sich zu dem Zeitpunkt auf 21 km. Die Anschlussleistung betrug rund 27 MW.⁹⁰ Im Endstadium des Fernwärmenetzes ist eine Anschlussleistung von 70 MW geplant.⁹¹

⁸³ Morosow, 2007, Wärmflasche für das Heizwerk (LKS 7.3.)

⁸⁴ Knapek, 2007, S.279 (Der Bayerische Bürgermeister)

⁸⁵ Anonym 12, 2007, Geothermie-Kessel implodiert (LKS 17./16.5.)

⁸⁶ Morosow, 2007, Die heiße Phase beginnt (LKS 26.6.)

⁸⁷ Morosow, 2007, Unterhaching heizt erstmals mit Geothermie (SZ 5.10.)

⁸⁸ Morosow, 2007, Gemeinde heizt mit Geothermie (SZ 5.10.)

⁸⁹ Morosow, 2007, Fernwärmenetz wächst (LKS 29.12.)

⁹⁰ Morosow, 2007, Gemeinde heizt mit Geothermie (SZ 5.10.)

⁹¹ Anonym 13, 2007, Geothermieprojekt (SZ 23.5.)

4.7 Zusammenfassung der Eckdaten des Geothermieprojekts in Unterhaching

GEOLOGISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

	Förderbohrung	Verpressbohrung
Thermalwassertemperatur	122°C	133°C
Schüttung	150 l/s	150 l/s
Bohrtiefe	3 446 m	3 864 m

NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN

Thermische Leistung	38 MW
Elektrische Leistung	3,36 MW
Fernwärmeleistung (Endausbaustufe)	70 MW
Anschlussleistung (Fernwärmenetz)	27 MW
Anschlussleistung (Stromnetz)	0 MW

Bis zum Frühjahr 2008 ist laut Gerlinde Kittel eine Anschlussleistung des Fernwärmenetzes von 28 MW geplant. Verdichtungen des Fernwärmenetzes sollen je nach Kundeninteresse in einem 3. Bauabschnitt 2008 vollzogen werden. „Unsere Kunden sind bisher sehr zufrieden.“, wurde die Geschäftsführerin im Landkreisteil der Süddeutschen Zeitung zitiert.⁹²

5 Vor- und Nachteile des „Prestige“projekts in Unterhaching

Politische Gegner des Bürgermeisters Erwin Knappek sind der Meinung, das Unterhachinger Geothermieprojekt sei nur ein Prestigobjekt. Knappek wird außerdem vorgeworfen, er gäbe zu viel Geld für dieses Projekt aus.

5.1 Vorteile und Nachteile bezüglich der Ökologie

5.1.1 Schonung fossiler Energieträger

Gegen oben genannte Vorwürfe spricht besonders der umweltfreundliche Charakter des Geothermiekraftwerks. Die geothermische Wärmeversorgung sowie die Herstellung elektrischer Energie aus geothermaler Energie verlaufen nahezu ohne Primärenergieträger. Nur in Spitzenlastzeiten oder beim Ausfall des Kalinakraftwerks muss das fossil befeuerte Redundanzheizwerk in Betrieb genommen werden.

Die fossilen Energieträger – vor allem Erdgas und Erdöl - werden dadurch geschont. Vor dem Hintergrund der immer knapper werdenden Erdöl- und Erdgasreserven ist die Nutzung alternati-

⁹² Morosow, 2007, Fernwärmenetz wächst (LKS 29.12.)

ver Energieträger zur Schonung der fossilen Ressourcen immer notwendiger. Die Nutzung der Tiefengeothermie leistet dazu einen erheblichen Beitrag.

5.1.2 Einsparung an Emissionen

Nicht minder zu beachten ist die enorme Einsparung an CO₂ - Emissionen. Es können jährlich bis zu 40 000 t CO₂ in Unterhaching reduziert werden. Das sind 2/3 des momentanen Emissionsausstoßes von 60 000 t. Weitere klimaschädigende Treibhausgase wie über 7 t Schwefeldioxid und 11 t Stickstoffoxide können zusätzlich pro Jahr vermieden werden.⁹³

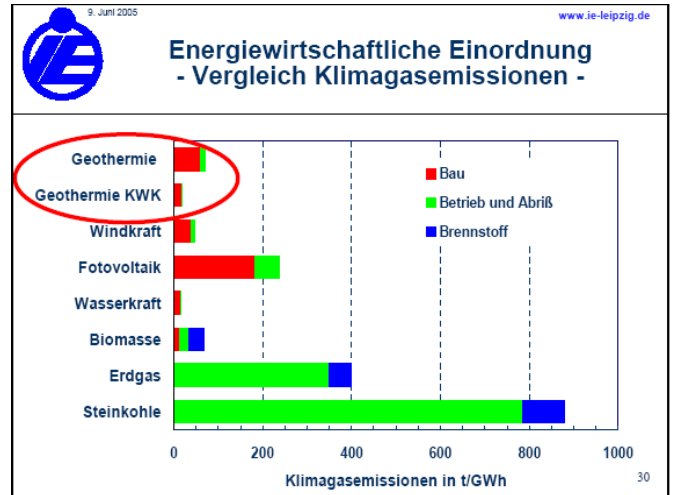


Abb.12

5.1.3 Reduzierung negativer Einflüsse auf das Ökosystem

Aufgrund der fehlenden Verbindung zur Biosphäre und der immer gleich bleibenden Thermalwassermenge sind keine negativen Auswirkungen auf den Menschen und die natürliche Umwelt zu erwarten. Dies wird durch den geringen Flächenbedarf der Geothermieanlage verstärkt.

Mit der Realisierung des Geothermieprojekts in Unterhaching trägt die Gemeinde zum Klimaschutz bei und kommt der Erfüllung der Energievision des Landkreises, die eine Verringerung des Energieverbrauchs bis 2050 auf 40% fordert, nach. Der restliche Energiebedarf soll durch regenerative Energien abgedeckt werden.⁹⁴

5.1.4 Erdbebengefahr

Einige Erdbeben in der Nähe von Basel, führten bei Taufkirchens Altbürgermeister Walter Riedle zu der Befürchtung, dass das Unterhachinger Geothermieprojekt Erdbeben auslösen könnte.

Bei der Hot-dry-rock Anlage in Basel wurde Wasser mit hohem Druck in die Tiefe gepresst. Dabei kam es in der tektonisch sensiblen Region zu Verschiebungen, die die Erdbeben verursachten. Experten sind jedoch der Meinung, dass in Unterhaching die Einwirkung des Geothermiekraftwerks auf die obere Erdkruste sehr gering ist. Mögliche Folgen wie zum Beispiel der Zusammenstoß von zwei unterschiedlichen Wasserschichten sind auszuschließen, zumal die Regi-

⁹³ Anonym 14, Geothermie Unterhaching; Projekt-Philosophie

⁹⁴ Morosow, 2007, Energiebeirat für Unterhaching (LKS 5.12.)

on des Alpenvorlands tektonisch nicht aktiv ist. Außerdem wird das Wasser im abgekühlten Zustand in die Tiefe zurückgepresst, wodurch die Druckverhältnisse gleich bleiben.⁹⁵

5.1.5 Absonderung von Chemikalien

Möglicherweise können sich Metallteile der Rohrleitungen des Thermalwasserkreislaufs lösen und zu Veränderungen der Chemie im Aquifer führen. Regelmäßige Wasseranalysen sollen eventuelle Veränderungen im Wasser feststellen.⁹⁶

5.2 Garantie und Gefährdung der Wirtschaftlichkeit des Projekts

5.2.1 Fündigkeitsversicherung

Die Bohrung gehört neben der Errichtung der Fernwärmeleitung zu den Hauptinvestitionen des Geothermieprojekts.⁹⁷ Mit dem Abschluss der Fündigkeitsversicherung wurde das hohe finanzielle Risiko der Bohrung reduziert und somit das größte Investitionshindernis bei der geothermischen Energiegewinnung beseitigt.⁹⁸

5.2.2 Voruntersuchungen

Die in der Machbarkeitsstudie angegebenen Werte für die Temperatur und Schüttung der Thermalwasserquelle bestimmen den Standort für die Bohrung und die Nutzung des Thermalwassers für die Stromerzeugung und Wärmegewinnung oder nur für die Wärmegewinnung.

Eine Fehlplanung des Projekts, aufgrund falscher Angaben bezüglich der Temperatur und Schüttung des Thermalwassers kann dessen wirtschaftliche Nutzung gefährden.⁹⁹

Durch die seismischen Voruntersuchungen und die erstellte Machbarkeitsstudie, waren die Voraussetzungen für die Planung des Projekts und eine spätere Wirtschaftlichkeit gegeben.

5.2.3 Vorteile der Pionierleistung bezüglich der geologischen Rahmenbedingungen und des Kraftwerks

Da die in Unterhaching niedergebrachten Bohrungen miteinander kommunizieren, wird keine zusätzliche Technik benötigt. Die Schüttung der zweiten Bohrung beläuft sich wie bei der ersten Bohrung auf 150 l/s. Das über die Produktionsbohrung geförderte Thermalwasser kann ohne weiteren Pumpstromaufwand über die Injektionsbohrung in die Erde zurückgepresst werden.

⁹⁵ Morosow, 2007, Walter Riedle bohrt noch einmal nach (SZ 6.3.)

⁹⁶ Richter, 2007, persönliches Interview

⁹⁷ Graf, 2007, Erdwärme für Grasbrunn und Vaterstetten (LKS 30.11.)

⁹⁸ Geothermie GmbH & Co KG, Die Wärmeversorgung ihrer Gemeinde; Projekt-Philosophie

⁹⁹ Knapek, 2007, S.277f

Das hat zur Folge, dass keine zusätzlichen Stromkosten für die Rückführung des Wassers anfallen.¹⁰⁰

Nennenswert sind hierbei auch die ökologisch bedingten Vorteile des Geothermie-Kraftwerks, die eine Schädigung der Umwelt verhindern. Somit fallen keine Folgekosten für die Beseitigung von Umweltschäden an. Weitere Kosteneinsparungen ergeben sich durch den geringen Personalaufwand.

Das Geothermiekraftwerk mit seinem Pilotcharakter erweckt auf internationaler Ebene großes Interesse.¹⁰¹ Besonders das Herzstück des Kraftwerks, die Kalinaanlage, zieht nicht nur ausländische Interessenten sondern auch Investoren an.

„Aus der Kenntnis des Marktes heraus sind wir uns sicher, dass eine Vielzahl von weiteren Projekten nun nicht nur umgesetzt werden, sondern dass deren Konzeption neu überdacht wird.“¹⁰²

Unterhaching fungiert dabei als wichtiger Berater. Die Geothermieanlage in Unterhaching verbessert die Möglichkeiten des Technologietransfers in Ländern mit ähnlichen geologischen Verhältnissen.

Das individuell auf die Unterhachinger Bedürfnisse angepasste Nutzungskonzept ermöglicht einen hohen Nutzungsgrad des Thermalwassers. Die Gewinnung von Wärme und Strom stellt die Hauptnutzung der Erdwärme dar. Darüber hinaus ist je nach Rücklauftemperatur des Thermalwassers eine weitere Nutzung für Niedertemperaturheizanlagen wie zum Beispiel Gewächshäuser, Fish-farming, Rasenheizung in Sportanlagen und Eisfreihaltung von Verkehrsflächen im Kommunalbereich möglich. Die prognostizierte Qualität des Thermalwassers lässt zudem eine Verwendung zu balneologischen Zwecken zu.¹⁰³ Das große Nutzungsspektrum sichert eine höchstmögliche Wirtschaftlichkeit.

¹⁰⁰ Rödel&Partner, Geothermie Unterhaching; 2.Bohrung

¹⁰¹ Geothermie GmbH & Co KG, Die Wärmeversorgung ihrer Gemeinde; Projekt-Philosophie

¹⁰² Rödel&Partner & Co KG, 2007 (Pressemitteilung)

¹⁰³ Terrawatt, 2004, S.41

5.2.4 Grundlastfähigkeit

Der Energieträger Geothermie ist in unerschöpflichen Mengen vorhanden und zählt damit zu den

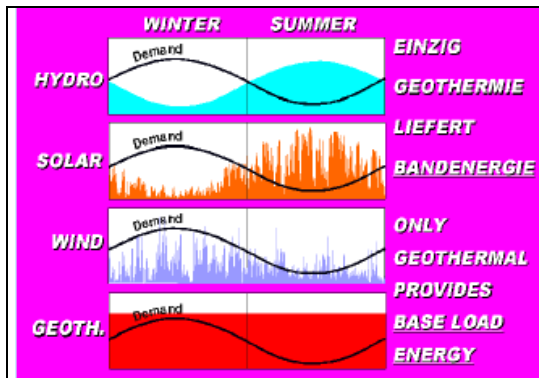


Abb.13: Vergleich des Energieangebots regenerativer Energiequellen
(Quelle: Knappek)

regenerativen Energiequellen.¹⁰⁴ Ein wichtiger Vorteil der Erdwärme gegenüber anderen regenerativen und auch fossilen Energiequellen ist die Grundlastfähigkeit.¹⁰⁵ Die geothermische Energie ist unabhängig von Sonnenschein, Niederschlägen und Windkraft ganzjährig verfügbar. Dahingegen unterliegt das Energieangebot aus Wasserkraft, Windenergie und Solarenergie natürlichen Schwankungen. Eine kontinuierliche Strom- und Wärmegewinnung ist bei diesen Energieträgern nicht möglich.¹⁰⁶ Deswegen muss die von diesen erneuerbaren Energien erzeugte thermische und elektrische Energie zwischengespeichert werden. Dieses Problem und die damit verbundenen Kosten fallen bei der Geothermie nicht an.

Darüber hinaus kann eine optimale Versorgungssicherung gewährleistet werden. Auf der Basis der Grundlastfähigkeit des Energieträgers Geothermie sowie der weitestgehend ohne fossile Energie geförderten Wärme, könnten ganzjährig und importunabhängig alle Privathaushalte der Gemeinde mit Wärme versorgt werden.¹⁰⁷ Insgesamt werden durch die Geothermieanlage 2/3 des Wärmebedarfs der Gemeinde gedeckt. Da der Betrieb in der Hand der Gemeinde liegt, wird der Vorrang der Wärmelieferung gegenüber der renditebringenden Stromerzeugung garantiert.

5.2.5 Wettbewerbsvorteile gegenüber fossilen Energieträgern

Der wichtigste Faktor, der eine wirtschaftliche Nutzung der Geothermie garantiert, ist der Wettbewerbsvorteil der Erdwärme gegenüber fossilen Brennstoffen.

Im Gegensatz zu fossil-betriebenen Heizkesseln besteht beim geothermisch-betriebenen Wärmetauscher keine Brand- oder Explosionsgefahr.¹⁰⁸ Des Weiteren sind die Wärmetauscher kleiner und somit platzsparender als die konventionellen Heizkessel. Hinzu kommen die geringen Anschlusskosten. Die einmaligen Anschlusskosten betragen bei einer maximalen Leitungslänge von 5 m 1233 Euro.¹⁰⁹ Außerdem fallen zu den laufenden Betriebskosten keine weiteren Ausgaben wie z.B. für Schornsteinreinigung, -sanierung oder Abgasüberprüfungen an.¹¹⁰

¹⁰⁴ Geothermie GmbH & Co KG, Die Wärmeversorgung ihrer Gemeinde - internet

¹⁰⁵ Knappek, 2008, Vortrag

¹⁰⁶ Siemens AG, 2005, Erdwärme wirtschaftlich nutzen

¹⁰⁷ Morosow, 2007, Sprudelnde Einnahmequelle (SZ 5.6.)

¹⁰⁸ Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG, 2007, Geothermie- die Energieversorgung der Zukunft

¹⁰⁹ Anonym 6, 2006, Kostengünstig und umweltfreundlich (Halle 16.3.)

¹¹⁰ Anonym 6, 2006, Kostengünstig und umweltfreundlich (Halle 16.3.)

Wichtig ist auch der Aspekt der nahezu emissionsfreien Strom- und Wärmegewinnung des Geothermie-Kraftwerks. Besonders in der heutigen Zeit wächst das Umweltbewusstsein der Bevölkerung immer mehr, weshalb umweltfreundliche Energien auch immer gefragter sind. „Ausschlaggebend war für mich, einen Beitrag zum Klimaschutz leisten zu können.“¹¹¹ Mit diesem Argument begründet ein Kunde der Fernwärme seine Entscheidung für den Anschluss an das Geothermienetz.

Doch „Erdwärme ist nicht nur umweltfreundlich, sondern auch preisgünstiger als die klassische Wärmeversorgung durch Öl oder Gas“, heißt es in einem Prospekt über das Geothermieprojekt in Unterhaching. Die Preisstabilität der geothermischen Wärme- und Stromversorgung ist ausgesprochen gut. Abbildung 14 stellt die Preisentwicklung der Geothermie im Vergleich zu fossilen Brennstoffen dar.

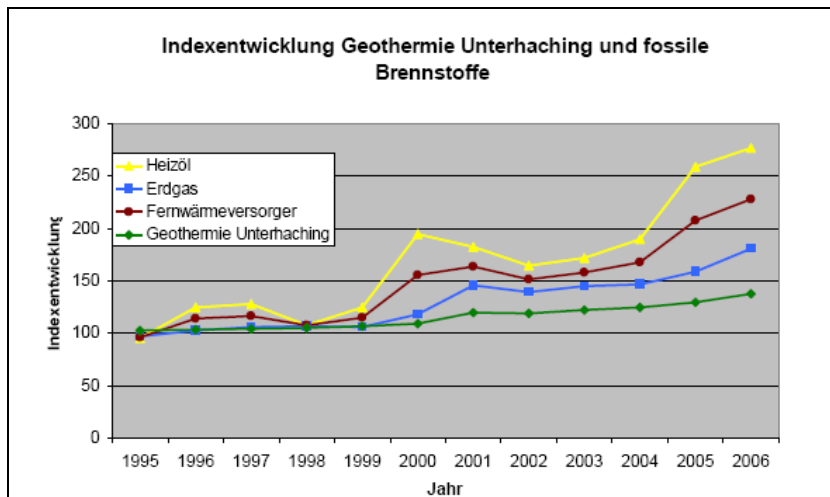


Abb.14 (Quelle: Knappek)

Während sich fossile Brennstoffe besonders in den Jahren von 2004 bis 2006 stark verteuert haben, konnten die Preise der Geothermie relativ konstant gehalten werden. Seit 2005 ist der Gaspreis um 30% gestiegen. Der Preis für die Geothermie-Fernwärme hat sich vergleichsweise nur um 11% erhöht.¹¹² Das liegt daran, dass der Bedarf an Primärenergieträgern zur Strom- und Wärmeerzeugung aus der Erdwärme sehr gering ausfällt. Die Abhängigkeit der Fernwärmepreise von den Primärenergiepreisen ist vernachlässigbar niedrig. Deshalb wirkt sich eine Erhöhung des Primärenergiepreises, zum Beispiel verursacht durch Energiesteuer oder durch Ressourcenverknappung, geringer aus als bei einer rein primärenergieabhängigen konventionellen Energieerzeugungsanlage.¹¹³ Erdwärme selbst ist eine „auf Jahrhunderte“¹¹⁴ sichere Energiequelle, denn das Thermalwasser des Unterhachinger Aquifers kühlt sich in 50 bis 60 Jahren nur um 1°C

¹¹¹ Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG, 2007, Sichern auch Sie sich jetzt die Wärmeversorgung der Zukunft

¹¹² Anonym 15, 2007, Energiepreis auf realer Basis (LKS 28.8.)

¹¹³ Terrawatt 2004, S.42

¹¹⁴ Anonym 7, 2007, Meilenstein für Geothermieprojekt (SZ 19./20.11.)

ab.¹¹⁵ Auch die Wassermenge des Thermalwasserspeichers bleibt immer gleich. Ressourcenengpässe und damit verbundene Preiserhöhungen sind somit nicht zu erwarten. In regelmäßigen Abständen werden die Preise überprüft und angepasst. Aufgrund staatlicher finanzieller Förderung umweltfreundlicher Projekte, wie zum Beispiel des Geothermiekraftwerks in Unterhaching, muss die Preisanpassung nicht zu 100 Prozent ausgeschöpft werden.¹¹⁶ „Damit können wir wieder umweltfreundliche Energie aus Unterhaching zu wettbewerbsfähigen Preisen anbieten.“¹¹⁷, erklärte die Geschäftsführerin der Geothermie Unterhaching GmbH & Co. KG.

Bezüglich der Stromerzeugung sind die konkurrenzfähigen Preise durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) gegeben. Das EEG garantiert den Erzeugern von Strom aus Erdwärme eine staatlich festgelegte Einspeisungsvergütung von 0,15€/kWh¹¹⁸ für eine Dauer von 20 Jahren.¹¹⁹ Die durch die Novellierung des Erneuerbaren Energien Gesetzes von 8,95 Ct/kWh auf die derzeitigen 15 Ct/kWh erhöhte Vergütung machen den Verkauf von Strom besonders lukrativ. Bürgermeister Knapek redet in diesem Zusammenhang von einer „Gelddruckmaschine“¹²⁰, die die wirtschaftliche Basis des Projekts sichert.

Der im Geothermiekraftwerk erzeugte Strom wird aus wirtschaftlichen Gründen an den Großkonzern E.ON verkauft.¹²¹ Geothermisch erzeugte Wärme kann jedoch nur in das lokale Wärmenetz eingespeist werden, weshalb den Einwohnern der Gemeinde Unterhaching eine wichtige Rolle als potentielle Abnehmer der Fernwärme zukommt. Die Wettbewerbsvorteile der Geothermie – insbesondere die stabilen und günstigen Preise der Fernwärme – sichern einen gewissen Absatzmarkt für die geothermisch erzeugte Wärme.

Da das Geothermieprojekt in kommunaler Hand liegt, fließen die Einnahmen aus dem Strom- und Wärmeverkauf in die Gemeinde und können für Investitionen (Infrastrukturausbau, Ansiedlung neuer Betriebe, etc.) hergenommen werden. Dies ist ein weiterer Grund die geothermisch erzeugte Wärme den fossilen Brennstoffen vorzuziehen, was auch die Aussage eines Gemeindeglieds aus Unterhaching zum Ausdruck bringt: „Im Übrigen zahle ich meine Heizkosten lieber an die Gemeinde, als an einen Ölscheich oder Gazprom.“¹²². Mit der Einbindung des Geothermieprojekts in das kommunale Netz, werden auch neue Arbeitsplätze, wie zum Beispiel bei der Akquise und Beratung potentieller Kunden sowie im Management, geschaffen.

Die Einnahmen aus dem Geothermieprojekt stärken zusätzlich die lokale Kaufkraft.

Aus diesem Grund werden die Sozialausgaben (Arbeitslosengeld, Bau von Sozialwohnungen, etc.) die von der Gemeinde getätigt werden, verringert.

¹¹⁵ Knapek, 2007, persönliches Interview

¹¹⁶ Morosow, 2006, Lieferverzögerung und Preiserhöhung (SZ 6.10.)

¹¹⁷ Anonym 15, 2007, Energiepreis auf realer Basis (LKS 28.8.)

¹¹⁸ Siemens AG, 2005, Erdwärme wirtschaftlich nutzen

¹¹⁹ Morosow, 2007, Sprudelnde Einnahmequelle (SZ 5.6.)

¹²⁰ Morosow, 2007, Zuversicht vor einem liegenden Bohrturm (LKS 3./5.6.)

¹²¹ Erdtracht, 2007, Berauscht von Unterhachinger Dämpfen (ddp 1.4.)

¹²² Anonym 6, 2006, Kostengünstig und umweltfreundlich (Hallo 16.3.)

Aufgrund der neu entstandenen Arbeitsplätze in Unterhaching hat das Geothermieprojekt auch positive Auswirkungen auf das soziale Umfeld.

5.2.6 Kostenanstieg

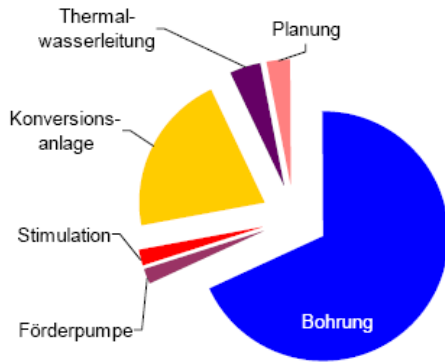


Abb.15: Kostenverteilung bei einem Geothermieprojekt (Quelle: Knapek)

Trotz der oben genannten Vorteile des Geothermieprojekts, dürfen die Faktoren, die die Wirtschaftlichkeit des Projekts mindern, nicht übersehen werden. Die Realisierung eines Geothermieprojekts ist sehr kostenintensiv. Hauptinvestitionen sind die Bohrung und die Errichtung des Fernwärmenetzes.¹²³ Die Kosten für die Bohrungen belaufen sich auf je 10 Millionen Euro und etwa 17 Millionen Euro für den Bau des Fernwärmenetzes.¹²⁴ Größtenteils wird das Projekt aus Eigenmitteln der Gemeinde finanziert. Die ursprünglich geplanten Kosten von 36 Millionen Euro stiegen auf 70 Millionen Euro an.¹²⁵

Die Gründe dafür sind:

- unerwartete technische Schwierigkeiten
- Anstieg der Preise für Strom und Isoliermaterial¹²⁶
- Stahl- und Bohrknappheit auf dem Weltmarkt.

Die Stahlpreise haben sich seit 2002 bis 2007 verdreifacht. Ähnlich ist es auch mit den Ausgaben für Bohranlagen und Bohrmannschaften: Die 2001 veranschlagten Kosten von 3 bis 5 Millionen Euro erhöhten sich um 50 bis 70%. Grund dafür sind die stark gestiegenen Preise für ein Barrel Rohöl. Weltweit suchen die Bohrfirmen derzeit nach Öl. Folglich sind Bohrunternehmen auf dem Weltmarkt nur schwer und zu teuren Konditionen zu finden.¹²⁷

¹²³ Wießmüller, 2007, Haar sucht Partner für Geothermie-Projekt (LKS 20.12.)

¹²⁴ Wolfram, 2007, 5,5 heiße Kilometer (SZ 2.3.)

¹²⁵ Knapek, 2007, persönliches Interview

¹²⁶ Knapek, 2007, persönliches Interview

¹²⁷ Morosow, 2007, Sprudelnde Einnahmequelle (SZ 5.6.)

5.2.7 Zeitliche Verzögerungen

Die momentane Materialknappheit auf dem Weltmarkt und die bürokratischen Hürden zogen enorme zeitliche Verzögerungen mit sich. Gut ein Jahr später als geplant wurde das Geothermiekraftwerk in Betrieb genommen. Infolgedessen blieb in dieser Zeit der gewinnbringende Verkauf von Wärme und Strom aus. Bürgermeister Knappek sieht dies zwar nicht als eine Verteuerung des Projekts, aber als eine Verlängerung der Refinanzierungsdauer, die nach einem Beschluss des Gemeinderats zwischen 13 und 16 Jahren liegen sollte.¹²⁸

5.3 Fazit

Trotz des hohen Kostenaufwands kann das Geothermieprojekt als eine nachhaltige sowie auch wirtschaftlich rentable Investition betrachtet werden. Besonders die ökologischen Vorteile des Projekts garantieren die Bewahrung und optimale Nutzung der Ressourcen für die jetzigen und die künftigen Generationen. Zusätzlich machen die weiterhin steigenden Erdöl- und Erdgaspreise die geothermische Energie gegenüber den fossilen Brennstoffen auch in Zukunft wettbewerbsfähig. Innerhalb von 20 Jahren werden sich, nach Angaben des Projektleiters Benjamin Richter, die Kosten amortisiert haben. Bis dahin schreibt das Projekt zwar rote Zahlen, insgesamt ist jedoch eine wirtschaftliche Nutzung der Erdwärme gewährleistet.

Folglich ist der Vorwurf, das Geothermiekraftwerk sei nur ein Prestigeobjekt, nicht stichhaltig.

6 Aktueller Stand

6.1 Beeinträchtigung einer wirtschaftlichen Nutzung des Thermalwassers

6.1.1 Claimverteilung

Nach dem Erfolg des Pionierprojekts in Unterhaching waren die Voraussetzungen für eine geothermische Nutzung des südbayerischen Molassebeckens gegeben. Auch in Taufkirchen, eine südlich von Unterhaching gelegene Nachbargemeinde, soll ein geothermisches Kraftwerk entstehen. Dies könnte für Unterhaching jedoch die Rentabilität des eigenen Projekts gefährden.

Erdwärme und Thermalwasser sind nach den Bestimmungen des Bundesberggesetzes bergfreie Bodenschätze. Unabhängig von Grundstücks- und Gemeindegrenzen kann jeder private oder kommunale Investor die Tiefen der Erde erforschen. Die Claims, „der Umfang des [...] Thermalwasserbereichs, innerhalb dessen gebohrt und gefördert werden darf“¹²⁹, wurden jedoch ohne

¹²⁸ Richter, 2007, persönliches Interview

¹²⁹ Anonym 16, 2007, Vorreiter ausgebremst (SOK 6.6.)

Rücksicht auf negative Wechselwirkungen der verschiedenen Förder- und Schluckbohrungen vom Bergamt vergeben.¹³⁰ Damit ist nicht die Abkühlung des Thermalwassers gemeint, sondern das um die Bohrungen herum entstehende Druckgefälle. Bei einem Abstand unter 2,5 km zwischen den Bohrungen wird das Wasser der Thermalquelle abgesenkt und die ursprüngliche Schüttungsmenge gefährdet. Um dieses Problem zu vermeiden, beantragte man in Unterhaching eine Ausweitung des Claims nach Süden hin (Anlage 4). Dort reicht jedoch die Bohrung in einen angrenzenden Claim. Anstatt der Gemeinde Unterhaching die Ausweitung zu genehmigen, teilte das Bergamt diesen Claim dem Taufkirchner Unternehmer Josef Leserer und der Firma Astherm zu (Anlage 5). Die Taufkirchner Bohrung würde dadurch in die gleiche Kluft, aus der auch Unterhaching ihr Thermalwasser fördert, reichen. Nun befürchtet Bürgermeister Knapke, dass die Heißwasserquelle noch mehr absinkt und die eingeplante Schüttung von 150 l/s nicht mehr erreicht werden kann.¹³¹ Nur mit einem enormen zusätzlichen Energieaufwand könne künftig genug Wasser gefördert werden, um eine Nutzung der Erdwärme zur Strom- und Wärmeergewinnung zu gewährleisten. „Wenn das so kommt, dass uns im Süden zweieinhalb Kilometer weggenommen werden, dann wäre unsere ganze Investition gefährdet.“,¹³² beschwerte sich der Bürgermeister. Die Gemeinderätin Deindörfer rät trotzdem, besonders im Hinblick auf die zunehmende Zahl der Geothermieprojekte in der umliegenden Nachbarschaft, zu einer kommunalen Zusammenarbeit seitens der Gemeinde. Bürgermeister Knapke spricht sich gegen diesen Vorschlag aus: „Es geht nicht an, dass Privatfirmen und Fondsanleger das ernten, was die öffentliche Hand da groß investiert hat.“¹³³ Die Firma Leserer hat bis jetzt aber noch nicht gebohrt, weshalb dieses Problem noch geklärt werden kann.¹³⁴

6.1.2 Ausfall der Unterwasserpumpe

Auch auf technischer Seite muss ein Problem bewältigt werden. Mit der lukrativen Stromerzeugung konnte bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht begonnen werden. Grund dafür ist die kraftlose Förderpumpe. „Die Unterhachinger Pioniere kommt jedoch ihre Vorreiterrolle wieder teuer zu stehen.“¹³⁵ Die Pumpe erreicht nicht die erforderliche Leistung von 710 kW, um die gesamten 150 l/s Thermalwasser zu fördern. Die momentane maximal mögliche Fördermenge liegt zwischen 110 und 120 l/s. Die geothermische Fernwärmeproduktion ist dadurch zwar nicht beeinflusst, dafür aber die Stromproduktion. Die Schüttungsmenge ermöglicht nur einen Testlauf der Kalinaanlage, für die Inbetriebnahme reicht es aber nicht aus. Grund sei nicht die für Unterhachinger Bedürfnisse speziell angefertigte Pumpe selbst, son-

¹³⁰ Raff, 2007, Anzapfversuch gescheitert (SZ 5.7.)

¹³¹ Morosow, 2007, Geothermie-Vorreiter fühlt sich ausgebremst (SZ 31.5.)

¹³² Morosow, 2007, Geothermie-Vorreiter fühlt sich ausgebremst (SZ 31.5.)

¹³³ Soyer, 2007, Streit um exklusive Erdwärme-Rechte (SZ 22.6.)

¹³⁴ Engl, 2007, Haching entwickelt, Bergamt bremst (LKS 15.10.)

¹³⁵ Morosow, 2007, Kraftlose Pumpe bremst Geothermie-Projekt (LKS 24.9.)

dern der Motor. „Für derart hohe Förderleistungen gibt es noch keine Motoren.“¹³⁶, stellt der Bürgermeister fest. Eine neue leistungsstärkere Pumpe muss entwickelt werden, um das Problem zu lösen. Somit ist die Investition für die Unterwasserpumpe in Höhe von 500 000 Euro umsonst gewesen. Es fallen erneute Investitionen an, die zum Kostenanstieg beitragen.¹³⁷

6.2 Überlegungen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit

Momentan wird mit dem Gedanken einer Zweckumkehrung der Bohrungen gespielt. Dies könnte die Wirtschaftlichkeit erhöhen. Ausschlaggebend für diese Idee waren die äußerst hohen Temperaturwerte (133°C) und die hohe Schüttungsmenge (> 150 l/s) der zweiten Bohrung. Fördere man künftig das Thermalwasser aus dem zweiten Bohrloch und pumpe es durch das erste Bohrloch, welches der jetzigen Förderbohrung entspricht, in die Erde zurück, wäre die Energieausbeute höher. Demgegenüber stehen die damit verbundenen Kosten und Investitionen. Bei einer Umdrehung der Fließrichtung sei der technische Aufwand enorm, erklärt Bürgermeister Knapek. Da die Schüttung der zweiten Bohrung größer ist, als die der ersten Bohrung (150 l/s), kann das Thermalwasser nur mit einer zusätzlichen Verpresspumpe im Schluckloch in den Aquifer gepresst werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Glasfaser-Kohlenstoff-Rohre des Leitungsnetzes bei dem 133°C heißen Thermalwasser aus dem zweiten Bohrloch ihre Garantie verlieren würden. Demzufolge müssten die GFK-Rohre gegen Leitungen aus Edelstahl ausgetauscht werden. Dies ist mit weiteren Ausgaben verbunden. Außerdem bleibt während der Umstellung für etwa ein dreiviertel Jahr die Wärme- und Stromgewinnung aus. Während die GTU sich vorerst für die Beibehaltung der Bohrlochbestimmung entschieden hat, plädiert der Gesamtprojektleiter Schönwiesner-Bozurkt für eine Umdrehung der Bohrlöcher zur Erzielung größerer Gewinne.¹³⁸ Dies zeigt, dass das Geothermieprojekt großes Ausbaupotential hat.

¹³⁶ Morosow, 2007, Kraflose Pumpe bremst Geothermie-Projekt (LKS 24.9.)

¹³⁷ Morosow, 2007, Kraflose Pumpe bremst Geothermie-Projekt (LKS 24.9.)

¹³⁸ Morosow, 2007, Volldampf-Kalkulation (LKS 19.10.)

7 Die Zukunft der Geothermie in Bayern

Der Erfolg des Geothermieprojekts in Unterhaching löst einen „Geothermie-Boom“ in der südbayerischen Molasse aus. Es herrscht „Goldgräberstimmung“¹³⁹: Bis zu 40 neue geothermische Tiefenbohrungen wurden allein im Raum Bayern beantragt.¹⁴⁰ Dies ist für eine nachhaltige Entwicklung Bayerns von großer Bedeutung. Auch auf globaler Ebene erkannte man das immense Potential, das in der Erdwärme steckt. Nach der Meinung der Experten könnte die Hitze der Gesteine und des Wassers aus dem Erdinneren theoretisch den weltweiten Energiebedarf für über 100 000 Jahre decken.¹⁴¹ Im Gegensatz dazu reichen die Erdölreserven nur noch für eine Energieversorgung von 41 Jahren.¹⁴² Die Geothermie stellt somit eine intelligente Lösung der Klima- und Energieprobleme dar. Wie stark sich der Klimawandel und die Ressourcenverknappung auf die globale Zukunft der Erde auswirken, ist noch fraglich.

Aber „es ist nicht wichtig die Zukunft vorherzusagen, sondern sich auf die Zukunft vorzubereiten“¹⁴³. Folglich ist es notwendig, nach dem Vorbild Unterhachings, die umweltfreundliche und ressourcenschonende Technologie der Geothermie voranzutreiben. Denn Geothermie könnte die Zukunft bedeuten.

¹³⁹ Steinbacher, 2006, Chancen und Risiken des Heißwassers aus der Tiefe (SZ 22.2.)

¹⁴⁰ Lohr, 2005, Gute Chancen für Geothermie (SZ 14.11.)

¹⁴¹ Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG, Die Wärmeversorgung ihrer Gemeinde; Verfahren und Nutzung

¹⁴² Schmitt, 2008, S.10

¹⁴³ Platon,

Quellenverzeichnis

Internet:

Anonym 1, Rückblick:2007-katastrophal wie noch nie
<http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,525742,00.html>
 Abruf: 21.1.2008

Anonym 2, Orkan Kyrill tobt mit 198 Stundenkilometer: Chaos über ganz Deutschland
<http://www.bild.t-online.de/BTO/news/2007/01/19/orkan-kyrill/orkan-europa-zerstoerung.html>
 Abruf: 21.1.2008

Anonym 3, Unwetterwarnung: Nordseeküste droht schwerste Flute seit Jahrzehnten
<http://service.spiegel.de/digas/servlet/find>
 Abruf: 21.1.2008

Anonym 4, Geothermie
<http://de.wikipedia.org/wiki/Geothermie>
 Abruf: 4.8.2007

Anonym 8, Geothermie Unterhaching
http://www.geothermie-unterhaching.de/cms/geothermie_web.nsf/id/pa_verfahren_nutzung.html
 Abruf: 4.8.2007

Anonym 9, Geothermie Unterhaching
http://www.roedl.de/Inhalt/download/Briefe/PM_040928_Geothermie_Durchbruch.pdf
 Abruf: 4.8.2007

Anonym 14, Geothermie Unterhaching
www.geothermie.de/presse/bundesumweltministerium_foerdert_unterhaching.htm
 Abruf: 4.8.2007

Fromm Thomas ; Der Klimawandel ist in vollem Gange
<http://www.sueddeutsche.de/finanzen/artikel/303/149937/>
 Abruf: 21.1.2008

Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG, Die Wärmeversorgung ihrer Gemeinde
http://www.geothermie-unterhaching.de/cms/geothermie/geothermie_web.nsf/id/pa_home_d.html
 Abruf: 20.12.2007

Rödel&Partner GmbH, Geothermie Unterhaching; 2. Bohrung erfolgreich
www.erdwaerme-zeitung.de/meldung/geothermie2bohrungbeimuenchenerfolgreich1003.html
 Abruf: 4.8.2007

Rubner Jeanne ; Der neue Ökokapitalismus
<http://www.sueddeutsche.de/wissen/special/385/135125/3/>
 Abruf: 21.1.2008

Seith Anne , Brandherde in Europa: Wenn Feuer so effektiv wie Bomben sind
<http://service.spiegel.de/digas/servlet/find?S=hitzewelle&ATTRLIST=t&SD=1>
 Abruf: 21.1.2008

Zeitungsartikel:

Anonym 5: Energie die aus der Erde kommt; Heißes Wasser aus tausend Meter Tiefe soll bald auch München mit Strom und Wärme versorgen; Die Stadtwerke wollen Geothermie - Technik ausbauen, 2007; in: Süddeutsche Zeitung (17.8.)

Anonym 6: Kostengünstig und umweltfreundlich; Unterhaching bietet Geothermienutzern Frühbucherrabatt bis 31.März, 2006, in: Hallo, Hachinger Teil (16.3.)

Anonym 7: Meilenstein für Geothermieprojekt; Unterhaching kauft Erdwärmekraftwerk für 16 Millionen Euro bei Siemens, 2005, in: Süddeutsche Zeitung (19./20.11.)

Anonym 11: Nachbohrung erforderlich 2006 in: Süddeutscher Zeitung (22.12.)

Anonym 12: Geothermie-Kessel implodiert 2007 in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (16./17.5.)

Anonym 13: Geothermieprojekt; Informationsveranstaltung 2007 in: Süddeutsche Zeitung (23.5.)

Anonym 15: Energiepreis auf realer Basis 2007 in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (28.8.)

Anonym 16: Vorreiter ausgebremst; Unterhaching fühlt sich benachteiligt 2007 in: Südost-Kurier (6.6.)

Appel Dieterl: Unerschöpfliche Wärme aus den Tiefen der Erde; in Süddeutsche Zeitung (7./8.1.)

Engl Herbert: Haching entwickelt, Bergamt bremst, 2007, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (15.10.)

Erdtracht Till: Berauscht von Unterhachinger Dämpfen - Investoren entdecken die Geothermie in Bayern – „Es herrscht echte Goldgräberstimmung“ in: Nachrichtenagentur ddp Basisdienst (1.4.)

Fachinformationszentrum Karlsruhe: BINE Informationsdienst basisEnergie 8 (Geothermie), 2004

Graf Theresa: Einstimmiges Votum für weitere Untersuchungen; Erdwärme für Grasbrunn und Vaterstetten, 2007, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (30.11.)

Hilberth: Tief gebohrt; Im bayerischen Unterhaching entsteht das größte Erdwärme-Kraftwerk in Deutschland/Effiziente Stormerzeugung, 2004, in: Frankfurter Rundschau (17.2.)

Kleber Irene: Gebohrt wird, wo's richtig brodeln, 2007, in: Abendzeitung München

Knappek Erwin: Der Bayerische Bürgermeister; Die Rolle der Kommunen bei der Nutzung geothermischer Tiefenenergie; Das Geothermieprojekt Unterhaching, 2007

Leserer Hartmut: Diercke Wörterbuch Allgemeine Geographie, 2005

Lohr Bernhar: Gute Chancen für Geothermie; Experten prophezeien der unerschöpflichen Energiequelle viel Erfolg, 2005, in: Süddeutsche Zeitung (22.2.)

Morosow Michael: Gemeindewerk Oberhaching zum Loslegen bereit; Bürgermeister Knappek macht Investoren Mut / Engpass bei Bohrgeräten, 2006, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil

Morosow Michael: Eine Trasse von 3,5 Kilometern für Geothermieprojekt; Auf langem Umweg zurück in die Tiefe; Mit dem Bau der Leitung für das heiße Wasser wird begonnen / Geheimnis um zweite Bohrfirma, 2006, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (17.1.)

Morosow Michael: Kirchlicher Segen für Anlage und Arbeiter; Zuversicht vor einem liegenden Bohrturm, 2006, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (3./5.6.)

Morosow Michael: Mit Spezialeil aus den USA läuft es wie am Schnürchen; Stahlkoloss zügig auf die Beine gestellt, 2006, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (13.6.)

Morosow Michael: Unterhachinger Geothermieprojekt auf der Zeilgeraden; Heißes Tiefenwasser liefert Strom und Heizenergie 2006 in Landkreisteil Süddeutsche Zeitung (31.10./1.11.)

Morosow, Michael: Walter Riedle bohrt noch einmal nach; Taufkrichens Altbürgermeister will Gefahr eines Erdbebens durch Geothermieprojekt prüfen lassen, 2007, in: Süddeutsche Zeitung (6.3.)

Morosow Michael: Wärmflasche für das Heizwerk 2007 in Landkreisteil Süddeutsche Zeitung (7.3.)

Morosow Michael: Unterhachings Bürgermeister kritisiert Wirtschaftsministerium, 2007, in: Süddeutsche Zeitung (31.5.)

Morosow Michael: Geothermie; Sprudelnde Einnahmequelle, 2007, in: Süddeutsche Zeitung (5.6.)

Morosow Michael: Die heiße Phase beginnt; Turnhalle am Utzweg an Fernwärme angeschlossen, 2007, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (26.6.)

Morosow Michael: Gemeinde heizt mit Geothermie; Fernwärme wird seit gestern mit Thermalwasser aus 3350 Metern Tiefe gespeist; 2007, in: Süddeutsche Zeitung (17.8.)

Morosow Michael: Beginn der lukrativen Stromgewinnung verzögert sich; Kraftlose Pumpe bremst Geothermie-Projekt, 2007, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (24.9.)

Morosow Michael: Unterhaching heizt erstmals mit Geothermie 2007 in Süddeutsche Zeitung (5.10.)

Morosow Michael: Volldampf-Kalkulation; Hachings CSU für mehr Transparenz bei Geothermie, 2007, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (19.10.)

Morosow Michael: Energiebeirat für Unterhaching; Bauausschuss befürwortet Gründung eines Fachgremiums; 2007; in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (5.12.)

Morosow Michael: Fernwärmenetz wächst; Bereits 170 Objekte in Unterhaching angeschlossen 2007 in Landkreisteil Süddeutsche Zeitung (29.12.)

Morosow Michael: Lieferverzögerung und Preiserhöhung; Geothermie-Wärme erst im Frühjahr/ Die ersten 50 Kilowatt werden teurer in Süddeutsche Zeitung (6.10.)

Müller-Meiningen Julius: Quellen der Euphorie; In Unterhaching sind Geologen in 3500 Meter Tiefe auf ein riesiges Reservoir mit heißem Wasser gestoßen – der Durchbruch für Erdwärme, 2007, in: Süddeutsche Zeitung (22.2.)

Neupert Ulrike: Das Fraunhofer INT berichtet über Neue Technologien (Geothermische Energie), 2006, S. 35

Pecka Michael: Risikominderung bei Geothermie, 2003, in: Energie&Management

Pecka Michael: Weitere Panne bei Geothermieprojekt in Unterhaching, 2004, in: Energie&Management (16.8.)

Raff Julian: Anzapfversuch gescheitert; Oberhaching verweigert Pullach Stück seines Claims, 2007, in: Süddeutsche Zeitung (5.7.)

Rödel&Partner GmbH: Historischer Durchbruch für die Geothermie: Thermales Wasser mit über 120°C in Unterhaching gefunden, 2007, in: Pressemitteilung

Soyer Thomas: Hitzige Debatte im Unterhachinger Gemeinderat; Streit um exklusive Erdwärme-Rechte, in: Süddeutsche Zeitung (22.6.)

Steinbacher Ralf: Chancen und Risiken des heißen Wassers aus der Tiefe; Nur die Technik bremst den Erfolg der Geothermie; Nachfolger werden vom Pilotprojekt in Unterhaching profitieren, doch Bohrgeräte und Knowhow sind knapp, 2006, in: Süddeutsche Zeitung (22.2.)

Schmitt Michael: Deutschlands Abhängigkeit von Energielieferanten-Beispiel: Russisches Erdgas, 2008, Facharbeit am Heinrich-Heine-Gymnasium München veröffentlicht am 24.1.08

Terrawatt GmbH; Machbarkeitsstudie für Geothermie-Projekt in Unterhaching, 2004

Weißmüller Laura: Gemeinsam Fernwärme fördern; Haar sucht Partner für Geothermie-Projekt, in: Süddeutsche Zeitung, Landkreisteil (20.12.)

Westermann Schulbuchverlag GmbH: Diercke Weltatlas (Mitteleuropa – Geologie), 1996

Wolfram Jürgen: 5,5 heiße Kilometer; IPE-Aufsichtsrat reagiert auf Geothermie-Gerüchte, 2007, in: Süddeutsche Zeitung (2.3.)

Interview:

Knapek Erwin: 2007

Richter Benjamin: 2007

Vortrag:

Knapek Erwin: 2008 in Unterhaching

Prospekt:

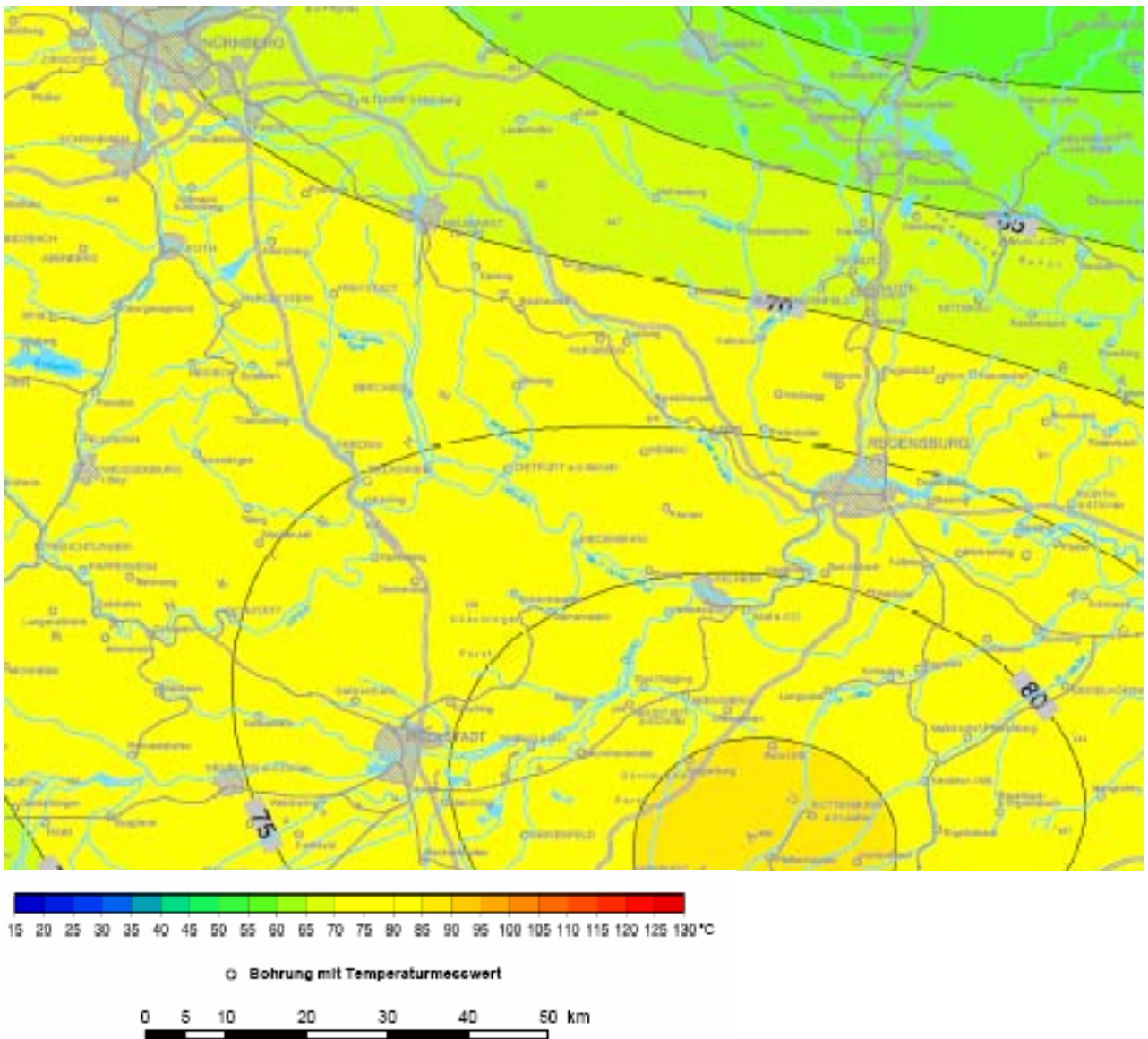
Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG: Aktueller Projektstand, 2007

Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG: Geothermie - Die Energieversorgung der Zukunft, 2007

Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG: Sichern auch Sie sich jetzt die Wärmeversorgung der Zukunft, 2007

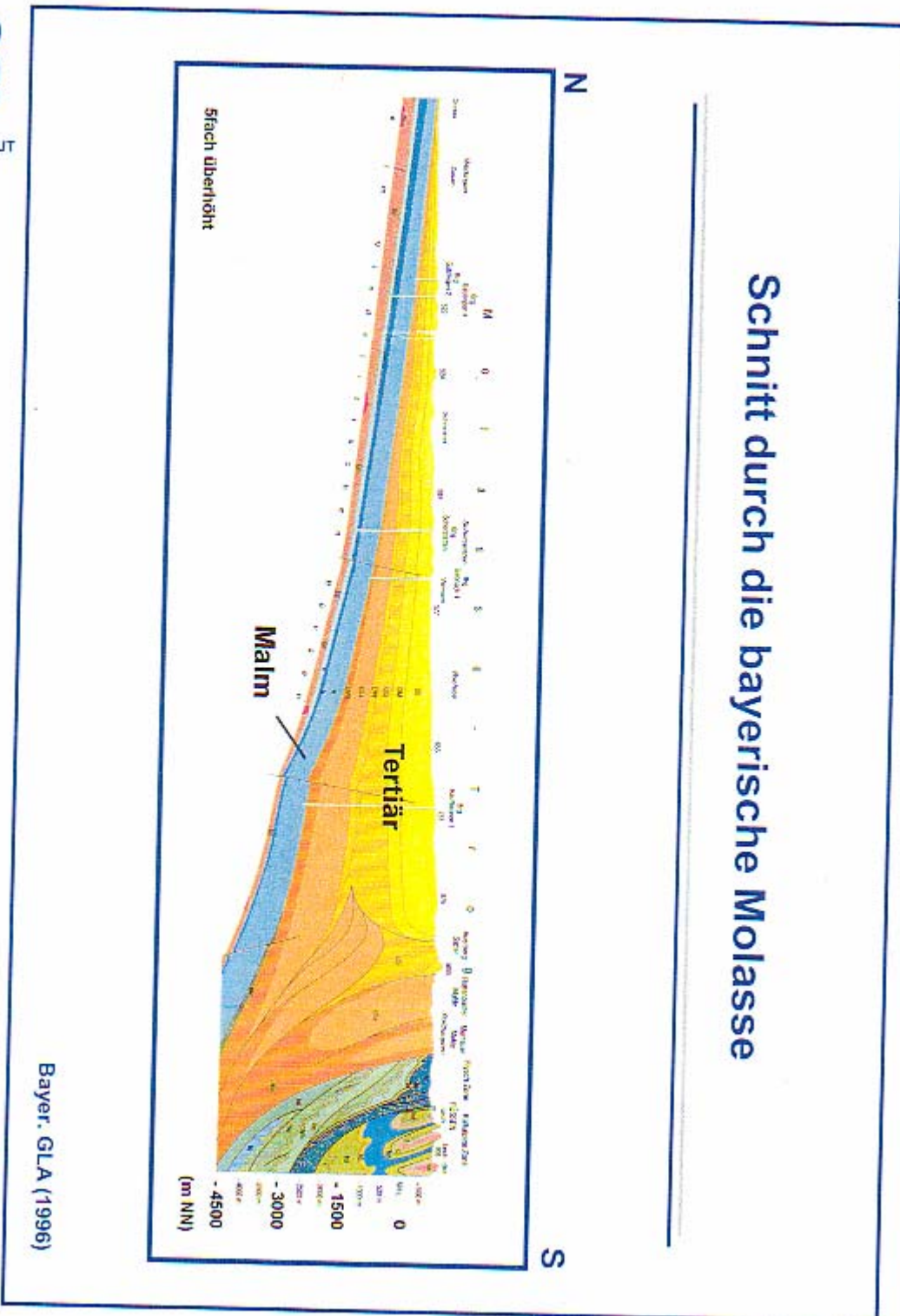
Siemens AG: Erdwärme wirtschaftlich nutzen; Innovative geothermische Kleinkraftwerke in Kalinatechnologie, 2005

Anlage 1: Temperaturverteilung in Norbayern in 1500 m unter Gelände



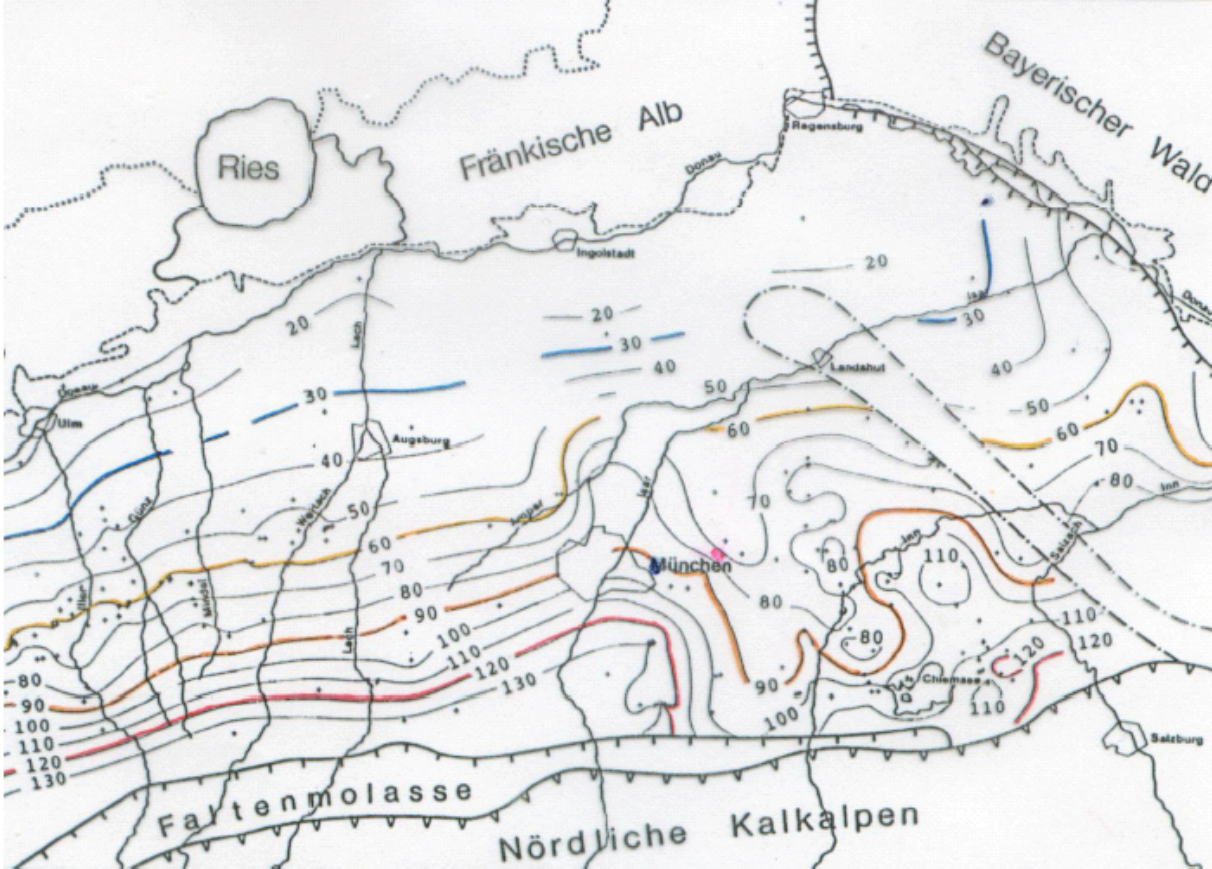
Quelle: GGA Institut: Geothermieatlas für Bayern; Temperaturverteilung in Nordbayern,
<http://www.stmwivt.bayern.de/pdf/energie-und-rohstoffe/geothermie/tn1500.pdf>
Abruf: 22.1.2008

Anlage 2: Schnitt durch die Südbayerische Molasse



Anlage 2: Karte der Temperaturverteilung am Top-Malm

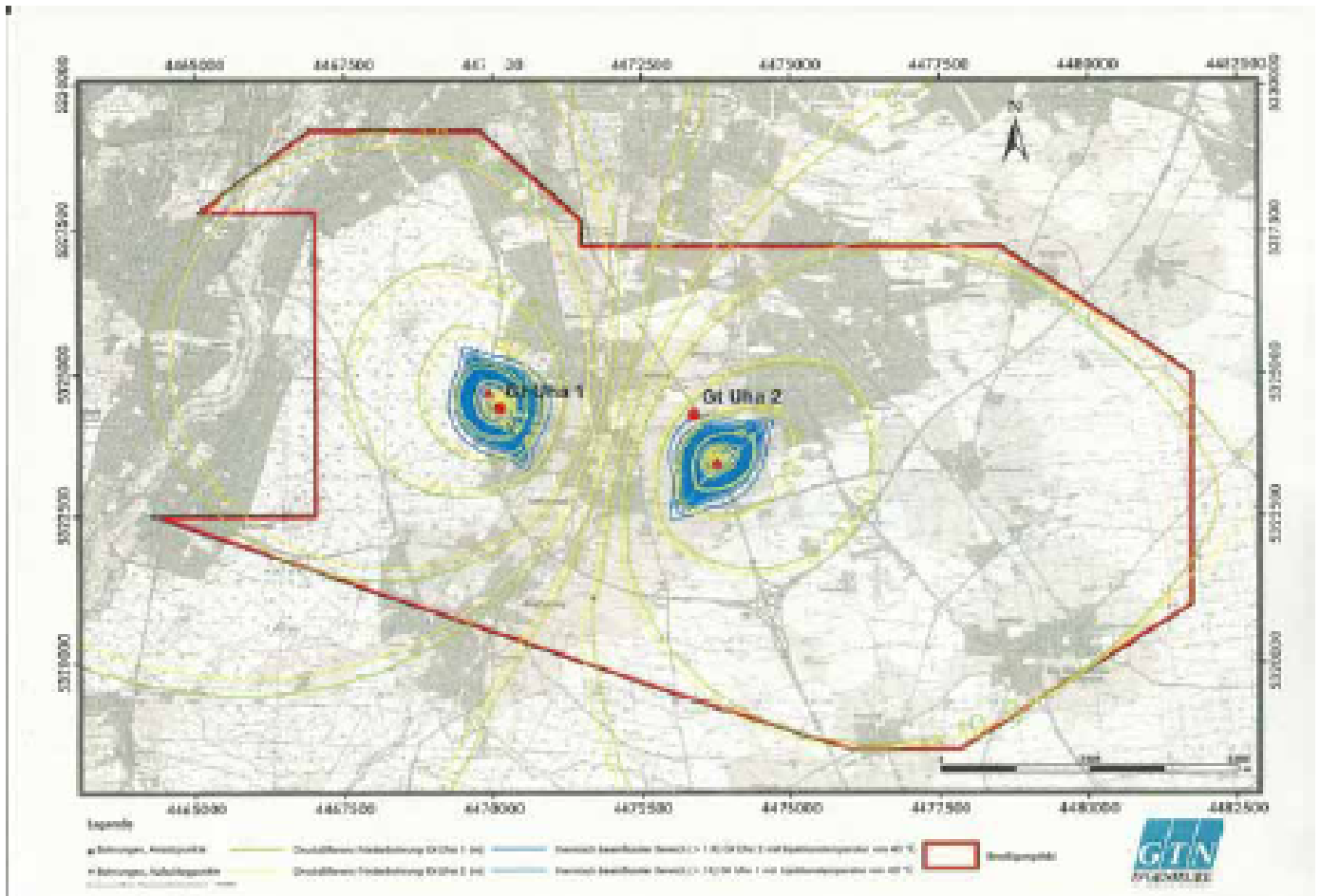
Geologie: Temperaturverteilung Top-Malm



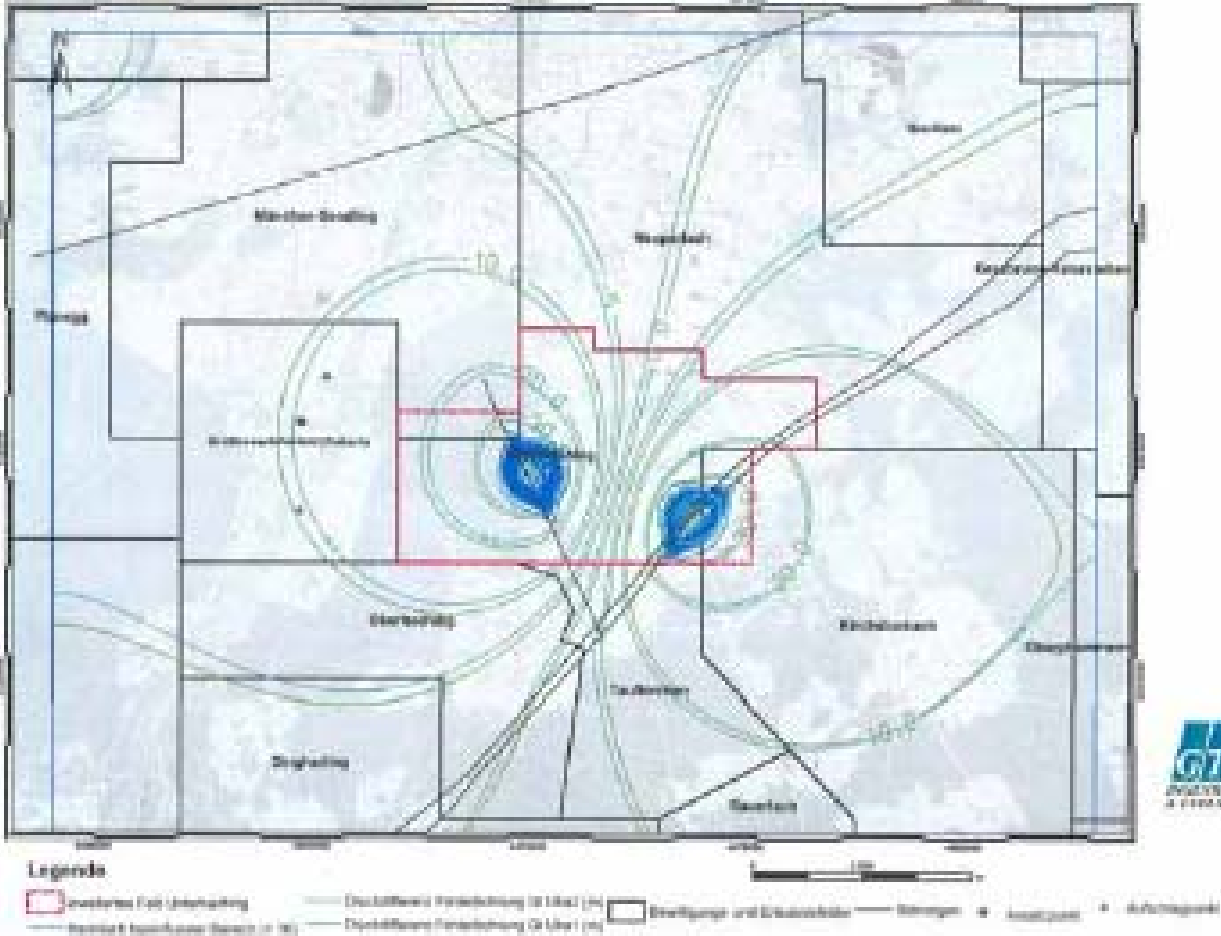
Quelle: Knapek

Anlage 3: Beantragung der Erweiterung des Unterhachinger Claims

Stand Juni 2007



Anlage 4: Momentane Verteilung der Claims in der Umgebung von Unterhaching



Quelle: Knappek