

## Erfolgreiche Projektumsetzung Geothermie Unterhaching

Erfahrungen von Rödl & Partner



## Impressum

Herausgeber: Rödl & Partner GbR

Inhalt: Anton Berger, Benjamin Richter, Kai Imolauer, Katharina Hepp,  
Manja Schwien, Dr. Marc Heckelmann, Maria Ueltzen, Tanja Nein

Gestaltung: Karolina Krysta

Stand: Mai 2009

Bezug: Rödl & Partner GbR

Wirtschaftsprüfer

Steuerberater

Rechtsanwälte

Unternehmensberater

Äußere Sulzbacher Str. 100

90491 Nürnberg

Tel: +49 (9 11) 91 93-35 03

Fax: +49 (9 11) 91 93-35 49

Internet: [www.roedl.de](http://www.roedl.de) | [www.geothermieprojekte.de](http://www.geothermieprojekte.de)

Nachdruck und Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung von  
Rödl & Partner.

Bei der Zusammenstellung von Texten und Grafiken wurde mit größter Sorgfalt  
vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden.  
Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr.

## Grußwort



Das Geothermieprojekt in Unterhaching hat in mehrfacher Hinsicht einen „Leuchtturmcharakter“. Zunächst ist es das größte deutsche Projekt zur wirtschaftlichen Gewinnung von Wärme und Strom aus der tiefen Geothermie in Deutschland. Durch seinen Pilotcharakter ist es zum Impulsgeber für eine Entwicklung geworden, die vor zehn Jahren nur wenige für möglich gehalten hätten: Für die Gemeinde Unterhaching wird hier auf eine umweltfreundliche, ressourcenschonende, regenerative Energiequelle zurückgegriffen und damit nicht nur ein Beitrag zur Energieversorgung geleistet, sondern auch aufgezeigt, dass der Energiemix in Deutschland durch innovatives Denken verändert werden kann. Und dies zum Wohle und zum Vorteil der Bürgerinnen und Bürger.

Die Geothermieranlage Unterhaching zeigt aber auch erstmals die Zuverlässigkeit der „neuen“ Energiequelle Geothermie. Sie kann heute hier in Unterhaching komplett und ganzjährig wirtschaftlich verwertet werden. Wir können dadurch die Bürgerinnen und Bürger sowie die Gewerbetreibenden in und um Unterhaching mit Wärme versorgen und regenerativen und CO<sub>2</sub>-freien Strom produzieren. Darauf sind wir stolz.



Rödl & Partner hat mit seinem Team von Spezialisten aus den verschiedenen rechtlichen, steuerlichen und wirtschaftlichen Disziplinen stets eine wertvolle Unterstützung für die Gesellschaft dargestellt. Die Entscheidung der Projektinitiatoren, insbesondere von Altbürgermeister Dr. Erwin Knappek, das Projekt unter die Maßgabe der Wirtschaftlichkeit zu stellen, hat sich heute nach Projektabschluss als richtig erwiesen. Die Geothermie leistet in Unterhaching nicht „nur“ einen Beitrag zum Umweltschutz, sie wird in wenigen Jahren einen wichtigen wirtschaftlichen Beitrag leisten, mit dem die Gemeinde die Leistungen für Bürger und Unternehmen finanzieren kann.

Das Unternehmen Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG schaut heute zuversichtlich in eine wirtschaftlich solide Zukunft. Wir können somit nicht nur die Versorgungsaufgabe optimal wahrnehmen, sondern schaffen uns auch Spielräume dafür, das Geschäftsmodell in den nächsten Jahren bei Bedarf weiter auszubauen.

Wir möchten uns im Namen aller Verantwortlichen für die hervorragende Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Hauses Rödl & Partner bedanken. Wir konnten auf ihre Unterstützung in den vergangenen sieben Jahren stets zählen. Wir wünschen ihnen für die Zukunft alles Gute.



Gerlinde Kittl  
Geschäftsführerin Geothermie Unterhaching



Wolfgang Geisinger  
Geschäftsführer Geothermie Unterhaching

## Vorwort



Zugegeben: Es war für Rödl & Partner schon eine besondere Herausforderung, als Ende 2001 die erste Anfrage hinsichtlich des Gesamtprojektmanagements für das Geothermieprojekt von der Gemeinde Unterhaching an uns herangetragen wurde.

Rödl & Partner hat in seiner Unternehmensgeschichte immer wieder Pioniergeist bewiesen, so z. B. auch, als wir uns als erste deutsche Kanzlei nach der Grenzöffnung 1989 in den osteuropäischen Ländern etablierten.

Das Geothermieprojekt Unterhaching hatte für unser Unternehmen aber nochmals einen völlig anderen Charakter. Letztendlich standen alle Beteiligten vor in dieser Form nie betretenem Neuland. Mit Zielsetzungen im Blick, welche so noch niemals erreicht wurden. Sei es die Dimension der beiden Tiefbohrungen, seien es die angestrebten Schüttungs- und Temperaturwerte oder aber der erstmalige Bau einer Kalina-Anlage zur Stromerzeugung in Deutschland.

Eine Menge von Unbekanntem erwartete uns. Eine Situation, die Wirtschaftsprüfer, Steuer- und Rechtsberater in aller Regel überhaupt nicht mögen.



Gleichwohl faszinierte uns die Technologie mit all ihren Entwicklungspotentialen. Auch der Ausblick auf eine umweltfreundliche Energieerzeugung, die wirtschaftlichen Anforderungen stand hält, überzeugte uns. Letztendlich ausschlaggebender Punkt war die Tatsache, dass ein derart ehrgeiziges und innovatives Projekt alleine von einer Kommune getragen wird. Trotz aller „Unbekannten“ stand eine Zielsetzung in der Prioritätenliste auf Platz 1: Die mittel- und langfristige Wirtschaftlichkeit des Projektes. So fiel uns die Entscheidung nicht schwer, ja zu sagen zu einem Pionierprojekt wie Unterhaching.

Viele wegweisende Entscheidungen mussten im Laufe der Zeit getroffen werden. Manche davon mit harten Fakten hinterlegt, etliche jedoch basierend auf den Ergebnissen von zahlreichen Diskussionen zwischen den Projektbeteiligten, persönlichen Einschätzungen, Risikoabwägungen und sich auch widersprechenden Fakten und Zielkonflikten.

In Unterhaching wurden über 200 Vertragsverhältnisse begründet. Die professionelle Vorbereitung half dabei, gerichtliche Auseinandersetzungen bislang zu vermeiden. Die Ergebnisse der außergerichtlichen Vergleiche und Rechnungsprüfungen lagen bei Erstellen dieser Projektdarstellung bereits bei 7,4 Millionen Euro. Während der Errichtungsphase wurde jede Besprechung mit einem Protokoll festgehalten und im Nachhinein mit den Teilnehmern abgestimmt – insgesamt weit über 400 Protokolle!

Die Gemeinde Unterhaching beglückwünschen wir zu diesem mutigen Engagement, das jetzt seine Früchte in Unterhaching und weit darüber hinaus tragen wird. Altbürgermeister Dr. Erwin Knappe sprechen wir unseren Respekt für seine nie nachlassende Begeisterung, Weitsicht und Durchsetzungskraft aus. Unsere Aufgabenstellung konnten wir nur dank des hohen Vertrauens zwischen der Gemeinde, der Geothermie Unterhaching und Rödl & Partner erfolgreich lösen. Für dieses Vertrauen bedanken wir uns.

Der Gemeinde Unterhaching und der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG wünschen wir für die Zukunft viele CO<sub>2</sub>-freie Megawattstunden an elektrischer und thermischer Energie und viele glückliche Momente bei den künftigen Betriebsabrechnungsbögen und Jahresabschlüssen.

Martin Wambach  
Geschäftsführender Partner  
Rödl & Partner

Anton Berger  
Partner  
Rödl & Partner

## Inhaltsverzeichnis

<b>Grußwort</b>	<b>3</b>
<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>1 Einführung Geothermie</b>	<b>7</b>
<b>2 Geothermie Unterhaching</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Wie alles begann</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Ökonomische und wirtschaftliche Erfolgsfaktoren</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Technisches Konzept</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Verträge, Verträge, Verträge</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Fündigkeitsrisiko &amp; -versicherung</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Beschreibung der einzelnen Anlagenteile</b>	<b>14</b>
<b>2.6.1 Geothermische Tiefbohrung Gt Unterhaching 1a</b>	<b>15</b>
<b>2.6.2 Geothermische Tiefbohrung Gt Unterhaching 2</b>	<b>16</b>
<b>2.6.3 Thermalwasserleitung</b>	<b>17</b>
<b>2.6.4 Tiefpumpe</b>	<b>18</b>
<b>2.6.5 Obertageanlage</b>	<b>18</b>
<b>2.6.6 Fernwärmennetz</b>	<b>18</b>
<b>2.6.7 Heizwerk</b>	<b>19</b>
<b>2.6.8 Kalina-Anlage</b>	<b>21</b>
<b>2.7 Wirtschaftlichkeit und Risikomanagement</b>	<b>22</b>
<b>2.8 Pilotprojekt verlangt Pilot-Kalkulation: Die Entwicklung der Preisgleitklausel</b>	<b>26</b>
<b>2.9 Fördermittel Unterhaching</b>	<b>27</b>
<b>2.10 Das neue EEG und seine Auswirkungen auf das Geothermieprojekt in Unterhaching</b>	<b>27</b>
<b>2.11 Berg- und Wasserrecht</b>	<b>29</b>
<b>2.12 Wie sieht die Zukunft aus?</b>	<b>30</b>
<b>3 Leistungen Rödl &amp; Partner</b>	<b>32</b>
<b>4 Ihre Ansprechpartner</b>	<b>34</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Regionen mit Möglichkeit zur hydrothermalen Strom- bzw. Wärmegewinnung	7
Abbildung 2: Pumptest nach Fertigstellung der ersten Bohrung	8
Abbildung 3: Heizölpreisentwicklung	9
Abbildung 4: Anlagenschema der Geothermie Unterhaching: parallele Nutzung der geothermischen Energie	11
Abbildung 5: Beispielhafte Jahresganglinie eines Fernwärmennetzes	12
Abbildung 6: Standortübersicht Gewerke	14
Abbildung 7: Festlicher Bohrstart der ersten Bohrung	15
Abbildung 8: Testarbeiten der Bohrung Gt Unterhaching 2	16
Abbildung 9: Gt Unterhaching 2 nach Beendigung der Bohrarbeiten und Rückbau des Bohrplatzes	16
Abbildung 10: Thermalwasserleitungsrohre vor Verlegung	17
Abbildung 11: Zwölfstufige Tiefpumpe vor Anlieferung in Unterhaching	18
Abbildung 12: Fernwärmennetzbau	19
Abbildung 13: Redundanz- und Spitzenlastheizwerk	20
Abbildung 14: Innenleben des Heizwerks	20
Abbildung 16: Gebäude der Kalina-Anlage mit Kühlurm	21
Abbildung 15: Vertragsunterzeichnung Kalina-Anlage	21
Abbildung 17: Turbine und Ammoniakbehälter der Kalina-Anlage	22
Abbildung 18: Es gibt viel zu regeln	23
Abbildung 19: Fernwärmennetzanschluss bei der Kalina-Anlage	27
Abbildung 20: EEG-Vergütung	28
Abbildung 21: Bergrecht, Geothermie und Wasserrecht	29
Abbildung 22: Entwicklung ausgewählter Preisindizes	30
Abbildung 23: Rohre in der Kalina-Anlage	31

## 1 Einführung Geothermie

Um für die Zukunft gerüstet zu sein, ist es notwendig, immer auf der Suche nach neuen, besseren Möglichkeiten zu sein, um den Energiebedarf unserer hochentwickelten Gesellschaft zu decken. Insbesondere die erneuerbaren Energien spielen hier seit einiger Zeit eine wichtige Rolle, denn das Bewusstsein der Bevölkerung für ökologische und nachhaltige Lebensweise ist gestiegen. Ein enormes Potential steckt dabei in der Geothermie.

Geothermie (oder Erdwärme) ist die unterhalb der Erdoberfläche in Hochdruckwasserzonen, Dampf- oder Heißwassersystemen sowie in heißen Gesteinen gespeicherte Wärmeenergie.

Die verfügbare Energie entsteht zum einen aus dem permanenten Wärmestrom vom Erdkern durch den Erdmantel, welcher schließlich an der Erdoberfläche seine Energie an die Atmosphäre abgibt. Diese Gravitationsenergie ist auf die Erdentstehung zurückzuführen. Zum anderen, größeren Teil entsteht die Wärmeenergie aus natürlichen radioaktiven Zerfallsprozessen, welche im Erdmantel ablaufen und Energie freisetzen. 99 Prozent unseres Planeten sind über 1.000 Grad Celsius heiß, 99 Prozent vom Rest noch über 100 Grad Celsius. Allein auf der Grundfläche der Bundesrepublik wird das 600fache des Energiebedarfs der Einwohner unseres Landes natürlich abgestrahlt.

Die Nutzung der Geothermie kann grob in oberflächennahe Geothermie und Tiefengeothermie unterteilt werden. Während die oberflächennahe Geothermienutzung durch Installation von Erdkollektoren sowie Erdwärmesonden (Tiefe bis zu wenigen hundert Metern) zur Versorgung von einzelnen Gebäuden (oder Gebäudekomplexen) genutzt wird, bietet die Tiefengeothermie die Möglichkeit von größer dimensionierten Energieversorgungsprojekten inklusive der Produktion von elektrischer Energie.

Die hydrothermale Tiefengeothermie ist ein Sonderfall, da hier wasserführende Schichten (Aquifere) in großer Tiefe genutzt werden. Hierzu sind mindestens zwei Bohrungen (Produktionsbohrung, Reinjektionsbohrung) erforderlich, da das geförderte Thermalwasser, nachdem es ausgekühlt wurde, wieder in die gleiche Schicht eingebracht werden muss.

Auf der folgenden Karte können Sie die Gebiete in Deutschland sehen, in denen schon heute geothermische Stromerzeugung (rot) und Wärmeerzeugung (gelb) wirtschaftlich möglich ist.<sup>1</sup>

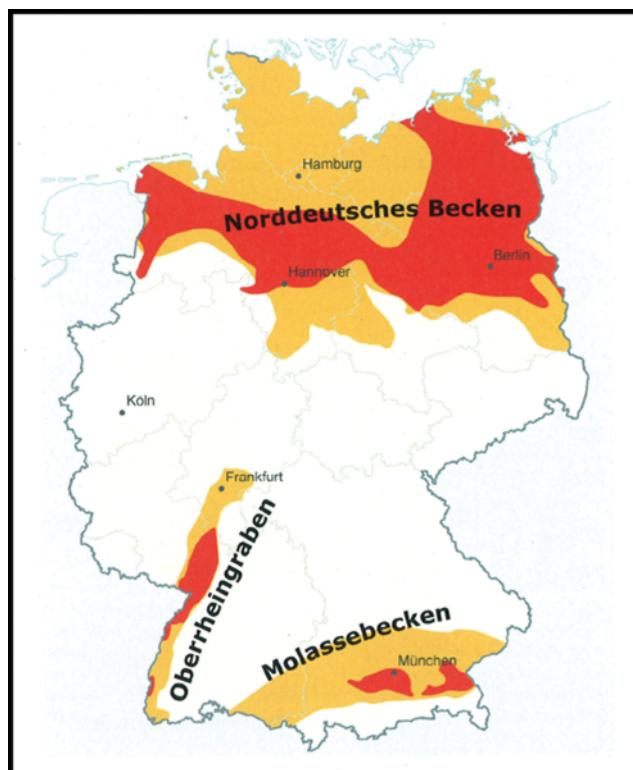


Abbildung 1: Regionen mit Möglichkeit zur hydrothermalen Strom- bzw. Wärmegegewinnung

<sup>1</sup> Abbildung 1: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie in Deutschland), 2009, S. 57.

## 2 Geothermie Unterhaching

### 2.1 Wie alles begann

Das Projekt nahm seinen Anfang bereits in den 90er Jahren durch einen Vortrag im Rahmen einer öffentlichen Ringvorlesung an der TU München. Dr. Erwin Knapik, von Berufswegen Physiker, hörte diesen und ließ sich von den Möglichkeiten der Tiefengeothermie zur Strom- und Wärmeerzeugung faszinieren.

Als er 1996 erstmalig zum Bürgermeister von Unterhaching gewählt wurde, nahm er dieses innovative und einmalige Projekt in Angriff. Nach den geologischen Untersuchungen und einer ersten positiv stimmenden Machbarkeitsstudie beschlossen zunächst der Bau- und Umweltausschuss am 11. September 2001 und anschließend der Gemeinderat am 19. September 2001 jeweils einstimmig die Durchführung des Projektes.

Unterhaching war der erste Erlaubnisfeldbesitzer in der bayerischen Molasse, der die Erlaubnis auch für die Stromerzeugung beantragt hatte. Durch die erstmalige Aufnahme einer Einspeisevergütung für Strom aus Tiefengeothermie im Jahr 2000 in das Erneuerbare Energien Gesetz in einer Höhe von damals 8,95 €Cent/kWh waren auch die ersten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Umsetzung gegeben.

Zielsetzung für die erste Tiefbohrung war eine Schüttungsrate von 120-150 Liter pro Sekunde sowie eine Temperatur von 100 Grad Celsius-120 Grad Celsius. Der TOP-Malm wurde auf ca. 2.750 Meter geschätzt. Die Dimension der Tiefbohrung sowie die angestrebten Parameter wurden in der Fachwelt heiß diskutiert. Allerorts wurde mit wenigen Ausnahmen die Auffassung vertreten „theoretisch denkbar, praktisch aber nicht erreichbar.“ Alleine diese Tiefbohrung war bereits eine Pioniertat.<sup>2</sup>

Die überaus positiven Ergebnisse erstaunten die gesamte Fachwelt. In Folge dessen und flankiert von einer weiteren Erhöhung der gesetzlichen Einspeisevergütung für Strom aus Geothermie auf 16 bis zu 23 €Cent/kWh begann der „Run“ auf Erlaubnisfelder. Per Mai 2009 sind zwischenzeitlich über 100 Erlaubnisfelder im bayerischen Molassebecken erteilt.

Von Beginn an fand das Vorhaben auch breite Unterstützung beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Das Reprocessing sowie die Reinterpretation wurden über das Zukunfts-Investitions-Programm (ZIP) gefördert. Weitere Fördermittel aus dem BMU-Programm zur Förderung von Demonstrationsvorhaben sowie aus dem KfW-Programm Erneuerbare Energien folgten.

Das Geothermieprojekt Unterhaching war zunächst als stromgeführte Anlage konzipiert. Fernwärme spielte in den Beobachtungen der Jahre 2001 und 2002 nur eine untergeordnete Rolle, da das Preisniveau der fossilen Energieträger eine umfangreichere Wärmebereitstellung aus Geothermie nicht wirtschaftlich erscheinen ließ. Dies änderte sich jedoch durch die enormen Preissteigerungen fossiler Brennstoffe ab dem Jahr 2003 bis heute.



Abbildung 2: Pumptest nach Fertigstellung der ersten Bohrung

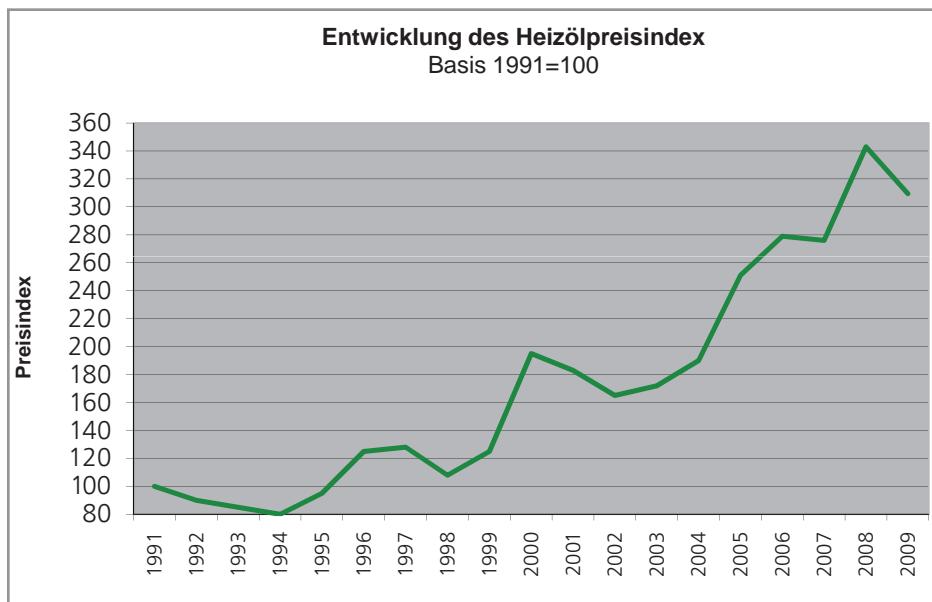


Abbildung 3: Heizölpreisentwicklung<sup>3</sup>

Wirtschaftlichkeitsanalysen ergaben, dass eine breite und zügig realisierte Fernwärmeversorgung ergänzt durch Stromerzeugung die weitaus wirtschaftlichste Variante darstellt. Das technische Konzept wurde daher geändert. Nicht der Stromerzeugung, sondern der Fernwärmeversorgung wurde Priorität eingeräumt. Ein komplett neues Fernwärmennetz mit Redundanzheizwerk wurde auf einer Gesamtleitungslänge von zwischenzeitlich ca. 56 km errichtet. Deutschlandweit ist dies das größte neu errichtete Fernwärmennetz seit den großen Förderprogrammen Anfang der 80er Jahre. Der bei Projektabschluss erreichte Anschlusswert mit deutlich über 30 MW<sub>th</sub> bestätigt die damalige Grundsatzentscheidung und die gewählte Preisstrategie. Als sich die höhere Wärmeabgabe an die Fernwärmekunden zeigte, wurde die Grenzleistung des Generators von 4,7 auf 4,1 MW<sub>el</sub> reduziert. Damit ging die erwartete Durchschnittsleistung von 3,7 auf 3,36 MW<sub>el</sub> bei geringfügig höherer Laufzeit zurück.

Das Tor zur breiten Markteinführung der tiefengeothermischen Strom- und Wärmeerzeugung war durch die Erfolge in Unterhaching schließlich weit geöffnet.

## 2.2 Ökonomische und wirtschaftliche Erfolgsfaktoren

Von Beginn an standen zwei Prämissen bei der Arbeit des Gesamtprojektmanagements im Vordergrund:

1. Projektqualität
2. Wirtschaftlichkeit

Beide Prämissen bedingen einander und lassen sich nicht losgelöst voneinander betrachten.

Die Sicherung der Projektqualität spiegelt sich durch folgende Erfolgsfaktoren wider:

- > Erfahrung und Qualität der ausgewählten Projektbeteiligten
- > Kapazität und Verfügbarkeit der ausgewählten Projektbeteiligten (oftmals mussten in kürzester Zeit wirtschaftlich, technisch und rechtlich höchst relevante Entscheidungen aufgrund völlig neuer Sachverhalte getroffen werden)
- > Stringentes Vertragsmanagement
- > Kurze, direkte Wege
- > Koordination und Organisation aller Projektbeteiligten durch zentrales Projektmanagement, das in der Lage ist, alle relevanten wirtschaftlichen, rechtlichen, technischen und geologischen Faktoren in die Entscheidungsfindung einzubeziehen

Die Sicherung der Wirtschaftlichkeit des Projektes kann offen als „Herkulesaufgabe“ bezeichnet werden. Die enorme Anzahl an unbekannten Einflussfaktoren wie z. B. Schüttung und Temperatur, Verfügbarkeit von Bohrgeräten, Bohrverlauf und Bohrkosten, künftige Abnahmemenge der Fernwärme, Leistungsfähigkeit/Zuverlässigkeit von Unterwassermotorpumpen, Funktionsfähigkeit der technischen Installationen, Zeitverzögerungen, nationale und internationale Konjunktur- und Preisentwicklungen, gesetzgeberische Vorgaben, Fördermittellandschaft usw. erforderten neben technischen Risikoabwägungen auch spezifische Sensitivitätsbetrachtungen, die bis zu konzeptionellen Änderungen führten. Bei einem Pilotprojekt wie Unterhaching mussten die Einflüsse dieser Faktoren auf die Wirtschaftlichkeit aufgrund vieler bis dato unbekannter Situationen erheblich höher eingeschätzt werden, als dies bei Folgeprojekten der Fall sein wird. Die Erfahrungen und Kenntnisse aus Unterhaching werden dementsprechend künftig auch in die Budgetplanungen und Businesspläne bei Folgeprojekten von Beginn an einfließen und somit eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit besser möglich machen.

Einige Änderungen der Randbedingungen erforderten eine Erhöhung der Investitionssumme. Ein erheblicher Anteil dieser zusätzlichen Investitionskosten waren aber gezielte strategische Entscheidungen unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit, insbesondere was den massiven Ausbau des Fernwärmennetzes (auf fünffache Länge und Kapazität) anbelangt. Dieser Teil der zusätzlichen Investitionskosten belastet, anders als die ebenfalls aufgetretenen Mehrkosten bei der zweiten Tiefbohrung, nicht die Gesamtwirtschaftlichkeit des Projektes. Diese Investitionen in den Fernwärmearausbau tragen zur Stabilisierung und Stärkung der Wirtschaftlichkeit bei.

Die Wirtschaftlichkeit von Projekten wird je nach Betrachtungsweise anhand von Kennzahlen und Kenndaten bewertet. Hierzu gehören unter anderem der Return on Investment (ROI), Cash-Flow und Free Cash-Flow-Betrachtungen, Break-Even-Point-Betrachtungen und Barwertberechnungen mit Betrachtung des Internen Zinsfußes.

Die Bewertung als solche jedoch unterliegt der Betrachtungsweise des jeweiligen Investors. Eine Kommune setzt hier andere Maßstäbe als ein Energieversorgungsunternehmen oder ein Finanzinvestor.

Beim Businessplanning für kommunale Projekte fließen insbesondere folgende Faktoren ein:

- > Langfristig günstige und preisstabile, umweltfreundliche Wärmeversorgung für Bürgerinnen und Bürger sowie Gewerbe und Industrie im Rahmen der kommunalen Daseinsvorsorge. Unterhaching betrachtet dies berechtigterweise als kommenden Standortvorteil. Diese Prämisse beeinflusst die Gestaltung der Fernwärmepreise erheblich, wird doch nicht auf eine absolute Gewinnmaximierung abgestellt.
- > Finanzkraft der Kommune: Kann das erforderliche Fremdkapital über kommunale Bürgschaften zinsgünstig zur Verfügung gestellt werden oder muss ein (Groß-)Teil des Fremdkapitalbedarfs über eine klassische, erheblich teurere Projektfinanzierung erfolgen? Welcher Anteil an Eigenkapital kann durch die Kommune zur Verfügung gestellt werden? Diese Fragestellungen haben enorme kommunalpolitische Bedeutung, müssen doch auch eine Vielzahl anderer Vorhaben (z. B. Schule, Kindergärten, Schwimmbäder, Sportstätten) künftig finanziert werden.

In Unterhaching, unter den gegebenen Rahmenbedingungen und trotz jeglicher zu Beginn unbekannten Einflussfaktoren, ist es auch über die Jahre der Projektrealisierung hinweg gelungen, die von Beginn an angestrebte Bandbreite an Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit einzuhalten. Bei Projektbeginn wurde eine statische Amortisationszeit von 13 bis 15 Jahren als Zielkorridor errechnet. Ab der im Jahr 2009 erfolgten Inbetriebnahme der Gesamtanlage für die dauerhafte Nutzung wird diese Vorgabe nach heutiger Planung besser erreicht. Dies ist insbesondere dem Nicht-Eintreten einiger einkalkulierter Risiken und den wirtschaftlichen Anpassungen im Projektlauf zu verdanken.

Das positive wirtschaftliche Ergebnis des Projektes beruht auf vielen Weichenstellungen. Diese werden im Rahmen von Sensitivitätsbetrachtungen ermittelt. Im Folgenden sollen einige Beispiele aufgeführt werden:

- > Rechtsform der Projektgesellschaft
- > Bohrungen von einem Bohrplatz oder von zweien
- > Thermalwasserleitung in GFK oder Schwarzstahl
- > Optimale Leistung der Kalina-Anlage bei höherer Fernwärme-Auskopplung
- > Zeitpunkt Bestellung Tiefpumpe und Ersatzaggregat
- > Zeitpunkt der Rohrbestellung für die Tiefbohrungen (beide Bohrungen)
- > Flexible Finanzierung auf Euribor-Basis bis Festlegung optimaler Finanzierungsstruktur
- > Preisfindung Fernwärme und Preisgleitklausel

- > Zeitpunkt Aufnahme Wärmelieferung wegen verspäteter Inbetriebnahme des Heizwerks
  - > Konzept Umkehr der Fließrichtung
  - > Einsatz von Pumpenprototypen
  - > Optimaler Inbetriebnahmezeitpunkt der Kalina-Anlage

Diese komplexen Aufgabenstellungen erforderten ein Höchstmaß an Qualifikation, Erfahrung und Professionalität. Das Ergebnis lässt sich zweifellos sehen. Der Mut und die Anstrengungen haben sich gelohnt.

## 2.3 Technisches Konzept

Das Zusammenspiel der Gewerke des Projektes (zwei Tiefbohrungen, Pumpenanlage, Wärmetauscher/Obertageanlage, Thermalwassertrasse, Heizwerk, Fernwärmennetz und Kalina-Anlage) war auch für die beteiligten, planenden Ingenieure teilweise Neuland und somit mit Unsicherheiten behaftet. Einzigartig ist die Verbindung der Nutzungsarten der Geothermie als Wärme- und Stromversorgung in einer Anlage. Ganzjährig stehen ca. 38 MW thermische Energie zur Verfügung, die entweder zur Produktion von Fernwärme oder über die Kalina-Anlage zur Stromproduktion verwendet werden können.

Im Gegensatz zu einer klassischen KWK-Anlage – wie beispielsweise ein typisches Gasblockheizkraftwerk, welche stets einen gekoppelten Betrieb der Strom- und Wärmeleitung aufweist, wird die Anlage in Unterhaching wärmegeführte gefahren. Technisch umgesetzt wurde dies durch die Staffelung und parallele Anordnung der Wärmetauscher. Ein wesentlicher Unterschied zur KWK-Technologie besteht darin, dass der Wärmeinput („Brennstoff“) durch ein wirtschaftliches Optimum vorgegeben ist und nicht wie bei „üblichen“ Prozessen beliebig angepasst werden kann.

„Wärmegeführ“ bedeutet, dass im Endeffekt die Außentemperatur bzw. die zu erwartende Außentemperatur die regelnde Größe ist, die bestimmt, ob die geothermische Energie in das Fernwärmenetz oder in die Kalina-Anlage geleitet wird. Somit ergibt sich für die Gesamtkonstellation der technischen Anlage eine Fülle an Betriebssituationen. In Spitzenlastmomenten im Fernwärmenetz kann es sich in Zukunft sogar ergeben, dass die Kalina-Anlage für einige Stunden in einen Ruhezustand heruntergeregt wird, da die gesamte thermische Energie im Fernwärmenetz benötigt wird. Dieses System ist in Konsequenz die beste Form der Resourcennutzung der geothermischen Quelle.

Sehr augenscheinlich wird dies, wenn man die modellhafte Jahresganglinie eines Fernwärmennetzes (angelegt an das Geothermieprojekt Unterhaching mit Endausbau 70 MW<sub>th</sub> im Fernwärmennetz) betrachtet. In der folgenden Darstellung wird deutlich, dass durch das Energiemanagementsystem in Unterhaching die maximale Ausnutzung der geothermischen Quelle über das Jahr realisiert wird. Die gesamte Energie – unter der mit Geothermie gekennzeichneten Linie – wird genutzt für Strom- und Wärmeproduktion. Lediglich die Spitzenlast wäre durch das Heizwerk auf Basis von Heizöl oder Gas beizubringen.

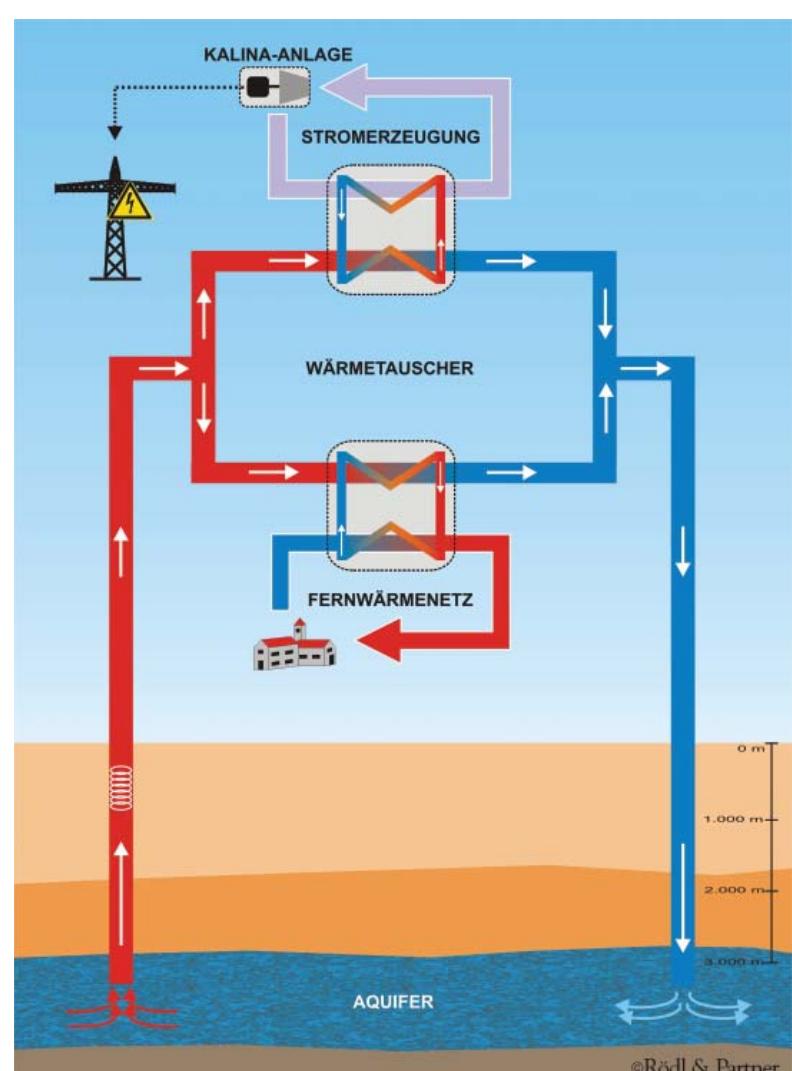


Abbildung 4: Anlagenschema der Geothermie Unterhaching: parallele Nutzung der geothermischen Energie

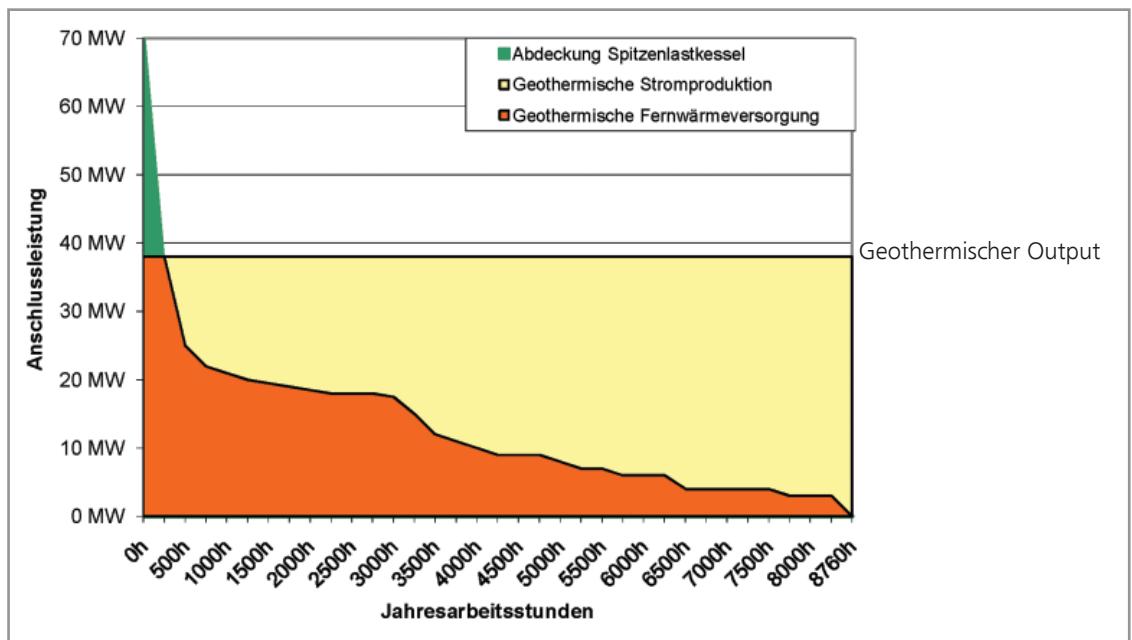


Abbildung 5: Beispielhafte Jahresganglinie eines Fernwärmennetzes

In Konsequenz leistet somit das Projekt einen enormen Beitrag zum Klimaschutz. Erste Kalkulationen führen zu einer Emissionseinsparung von ca. 30.000 t/Jahr und einer echten Unabhängigkeit von jeglicher Art von Brennstoffen. Geht man von einem 60 MW<sub>th</sub> Netz aus, so können geschätzt ca. 100.000 MWh pro Jahr über Geothermie „versorgt“ werden; dies entspräche einer Energiemenge von ca. 10 Mio. Liter Heizöl, welche jedes Jahr durch Geothermie substituiert wird. Es wird mit diesen Daten deutlich, welch enormes energetisches Potential in der Tiefengeothermie steckt.

## 2.4 Verträge, Verträge, Verträge

Am Anfang war Papier, genauer gesagt, zwei Meter Papier in Ordnern. Eine Strecke aus den einzelnen Seiten der Verträge entspräche wohl in etwa der Tiefe der Bohrungen oder der Länge der Thermalwasserleitung. In welche Richtung man es auch legte, es ist jedenfalls eine Menge Papier und darüber hinaus die Grundlage für die Geothermieanlage, wie Sie sie heute in Unterhaching sehen.

Zu Beginn des Projektes galt es, die Partner für die Entwicklung und Vorbereitung des Projektes zu finden und vertraglich zu binden; die Gemeinde Unterhaching entschied sich für Rödl & Partner als Gesamtprojektmanager. Zur Umsetzung des Projektes gründete die Gemeinde Unterhaching nach Abwägung der Vor- und Nachteile mit Gesellschaftsvertrag vom 21. August 2002 die Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG. Alle bis dahin mit der Gemeinde bestehenden Verträge wurden auf diese Gesellschaft übergeleitet, die von da an die Geschäfte führte. Zu den ersten Aufgaben der neuen Gesellschaft gehörte es neben dem Bestellen der Geschäftsführung, verschiedene Verträge zur Sicherung von für das Projekt benötigten, Grundstücken abzuschließen. Dabei reichte das Spektrum von Kauf, Miete oder Pacht bis hin zu Erbbaurechten und Dienstbarkeiten für Leitungen und Wege. Aber auch für die technische Vorbereitung waren zahlreiche Verträge abzuschließen: Zur technischen Unterstützung beauftragte die Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG Geologen, Ingenieure, Gutachter und weitere Berater, welche die Vorarbeiten für das Projekt leisteten und die Planungen für die Anlagen und die Bohrungen erstellten.

Spannend wurde es bei der Gestaltung der Bohrverträge. Für die erstmalig in der freien Wirtschaft so groß dimensionierten Geothermiebohrungen standen nur wenige geeignete Bohrgeräte und Fachbohrfirmen mit Erfahrung beim Bohren nach Wasser zur Verfügung. Die Bohrindustrie, die über die großen Bohrgeräte verfügte, war auf den Erdöl- und Erdgasfeldern der Welt zuhause, die Bayerische Molasse und Wasser waren ihr fremd. Auch der notwendige Wunsch der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG, eine Bohrung als Gesamtpaket aus einer Hand und eine Risikoverteilung wie für ein Bauvorhaben zu bekommen, stieß auf Erstaunen. Die Verträge in der Erdöl- und Erdgasindustrie beschränken sich in der Regel auf das reine Bohren; die Bohrmannschaft ist sozusagen das Werkzeug des Auftraggebers, der meist selbst – ggf. mit externen

Fachleuten – als sog. Operator die Verantwortung auf der Bohrstelle trägt, alle Entscheidungen zur Ausführung der Arbeiten trifft und die entsprechenden Anweisungen erteilt. Ebenso ist üblicherweise der Auftraggeber für die Material-auswahl und Beschaffung sowie die Auswahl und Organisation der Servicefirmen verantwortlich. Das Bohrunternehmen hat die Anweisungen des Operators nur auszuführen; für die Entscheidung selbst trage es keine Verantwortung. Sämtliche Risiken einer Bohrung, die meist technisch oder geologisch begründet sind, trägt in dieser Konstellation der Auftraggeber.

Die Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG wollte einen anderen Weg gehen und lediglich das Geologische Risiko (Baugrundrisiko) übernehmen. Ansonsten wollte sie eine Bohrung zu einem kalkulierbaren Preis aus einer Hand bekommen, und die Gestaltung der Bohrarbeiten der Erfahrung eines Fachunternehmens überlassen und gerade keine eigene Verantwortung für die Durchführung der Bohrung übernehmen. Schließlich überzeugten die Argumente und es konnten auf der Basis der für beide Vertragsparteien ausgewogenen Regelungen der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB Teil B) für beide, zeitlich getrennt beauftragten Bohrungen, Verträge mit Unternehmen verhandelt werden, die die Bohrungen in eigener Verantwortung als Gesamtwerk durchführten. Die Bohrfirmen waren danach für die Gestaltung der Arbeiten, also z. B. für die Wahl der Geräte, die Intensität der Drehbewegungen, die Zusammensetzung und den Einsatz der Spülung sowie die Beistellung der erforderlichen Servicefirmen allein verantwortlich. Technische Schwierigkeiten beim Bohren, die z. B. auf den Einsatz ungeeigneter Geräte, Fehlfunktionen oder auf Leistungen von Servicefirmen zurückzuführen waren, waren ausschließlich Sache der Bohrunternehmen. Lediglich rein geologische Ereignisse, die zu Störungen des Bohrablaufs führten, also das Baugrundrisiko eines jeden Bauvorhabens, war von der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG zu tragen.

Die Abrechnung erfolgte nicht, wie in der Bohrindustrie üblich, nach Bohrzeit (daily rate), sondern nach Bohrmetern, unabhängig davon, wie lange diese Bohrung dauerte. Das gab der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG die Möglichkeit, die Bohrkosten zu kalkulieren, da die Tiefe des angestrebten Mals und damit die Länge der Bohrstrecke vorher annähernd bekannt war.

Diese Risikoverteilung war der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG wichtig, da der Erfolg des Geothermieprojektes vom Erfolg jeder einzelnen Bohrung abhing; bei Erdöl- und Erdgasprojekten dagegen werden Fehlschläge wegen der Vielzahl der Bohrungen einkalkuliert. Für die zweite Bohrung konnten zweifellos bestehende und mit keiner Vertragskonstellation zu beseitigende technische und geologische Risiken mit einer erweiterten Bauleistungsversicherung abgesichert werden. In diese Versicherung konnten typische Störfälle wie Nachfall von Gestein in die fertig gestellte Bohrung oder das Festfahren des Bohrstrangs einbezogen und damit die Kosten für Schadensbeseitigung und Stillstand abgefangen werden. Weiterhin konnten sogenannte „Lost-in-Hole-Sachverhalte“ mit versichert werden, also die notwendige Bergung verlorener Gegenstände aus der Bohrung, die beispielsweise vom Bohrgerät stammen können.

Nach langen Tagen und einigen Nächten in Verhandlung konnte auch der Vertrag für die schlüsselfertige Erstellung der Stromerzeugungsanlage mit der neuartigen Kalina-Technologie feierlich unterzeichnet werden. Auch hier fand die Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG einen Partner, der die Leistung aus einer Hand anbieten konnte und wollte.

Viele, viele Verträge später will nach allen Anstrengungen zur Errichtung einer solchen Anlage die gewonnene Energie auch genutzt werden. Natürlich auf der Grundlage von noch mehr Verträgen, diesmal im Bereich der Energiewirtschaft. Zahlreiche Bürger der Gemeinde Unterhaching erklärten zunächst in Vorverträgen ihre Bereitschaft, Fernwärme abzunehmen. Nach Fertigstellung des Redundanzheizwerkes konnte die erste erzeugte Wärme auf der Basis der zuvor abgeschlossenen Wärmelieferverträge auch geliefert werden. Die übrige Energie aus der Erde wird in der Kalina-Anlage in Strom umgewandelt, der in das Stromnetz des regionalen Netzbetreibers eingespeist wird. Auch dafür sind mehrere Verträge, unter anderem für den Netzanschluss, die Abnahme und Vergütung des Stroms notwendig. So werden also Meter an Papier zu Energie und diese zu Wärme und Strom aus den heißen Quellen des Malmkarst unter den Fundamenten dieser Anlage.

## 2.5 Fündigkeitsrisiko & -versicherung

Ein weiterer Durchbruch gelang mit dem Abschluss der ersten privatwirtschaftlichen Fündigkeitsversicherung für die erste Tiefbohrung in Unterhaching, die Rödl & Partner gemeinsam mit der Münchner Rück entwickelt hat. Ein Meilenstein, der die gesamte Branche aufhorchen ließ. In der Folge wurden seitens der Versicherungswirtschaft und der öffentlichen Hand weitere Lösungen entwickelt, um dieses damalige Investitionshindernis Nr. 1 kalkulierbarer und beherrschbarer zu machen. Ein abgesichertes Fündigkeitsrisiko ist heute stets ein wesentlicher Baustein für die Finanzierbarkeit vieler aktueller tiefen-geothermischer Projekte.

Grund für die Entwicklung dieser ersten privatwirtschaftlichen Fündigkeitsversicherung war ein einstimmiger Beschluss des Gemeinderates, demzufolge die Freigabe für die Durchführung der ersten Bohrung vom Abschluss einer Fündigkeitsversicherung abhängig gemacht worden war. Dieser Wunsch des Gemeinderates war einerseits verständlich, andererseits existierte dieses Instrument nicht. Alle bis dato unternommenen Versuche der Geothermie-Branche mit der Versicherungswirtschaft waren erfolglos. Gleichwohl wurde der Beschluss des Gemeinderates seitens der Geschäftsführung der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG sowie des Projektmanagements von Rödl & Partner sehr ernst genommen. Nach eingehender Analyse aller bisherigen „Konzepte“ aus der Branche entwickelte Rödl & Partner erstmalig ein tragfähiges, sowohl für die Versicherungswirtschaft als auch für den Projektträger sinnvolles Konzept. Dieses Grundkonzept wurde im Anschluss über mehrere Monate mit der Münchner Rückversicherungs AG präzisiert, verfeinert und unterschriftenreif verhandelt. Das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie begleitete diese Aktivitäten unterstützend und finanziell, im Bewusstsein, dass dieses „Teilprojekt Fündigkeitsversicherung“ ein zentraler Baustein für die weitere Entwicklung der Tiefengeothermie in Bayern sein würde.

Schließlich konnte die weltweit erste privatwirtschaftliche Fündigkeitsversicherung mit Datum vom 20. November 2003 von der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG unterzeichnet werden. Allein diese Tatsache sowie das Ausbleiben des Versicherungsfalls hatte enormes Aufsehen in der Versicherungsbranche zur Folge. Seitens der Versicherungswirtschaft wurde nun im Laufe der Zeit konzentriert an adäquaten Versicherungskonzepten für tiefengeothermische Projekte gearbeitet, so dass heute verschiedene Konzepte und Alternativen auf dem Markt verfügbar sind. Unterhaching hatte einen weiteren Meilenstein für die gesamte geothermische Branche gesetzt. Auch international, z. B. seitens der Weltbank, stieß dieses Versicherungskonzept auf höchste Aufmerksamkeit. Im Jahr 2009 präsentierte das BMU gemeinsam mit der KfW und der Münchener Rückversicherung AG sogar ein Förderprogramm auf dieser Grundlage, um die Fündigkeitsrisikoabsicherung für möglichst viele Projekte verlässlich erreichbar anzubieten.

## 2.6 Beschreibung der einzelnen Anlagenteile

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Gewerke des Geothermieprojektes Unterhaching vorgestellt. Dazu gehören die beiden geothermischen Tiefbohrungen, die Thermalwasserleitung, die Pumpen- und Obertageanlage, das Fernwärmennetz, das Heizwerk und die Kalina-Anlage. Dabei werden insbesondere die jeweiligen Herausforderungen beleuchtet, mit denen sich Rödl & Partner als Gesamtprojektmanager konfrontiert sah. Im Folgenden sehen Sie vorab eine Luftbildaufnahme von Unterhaching, auf der die Standorte der einzelnen Gewerke zu sehen sind:

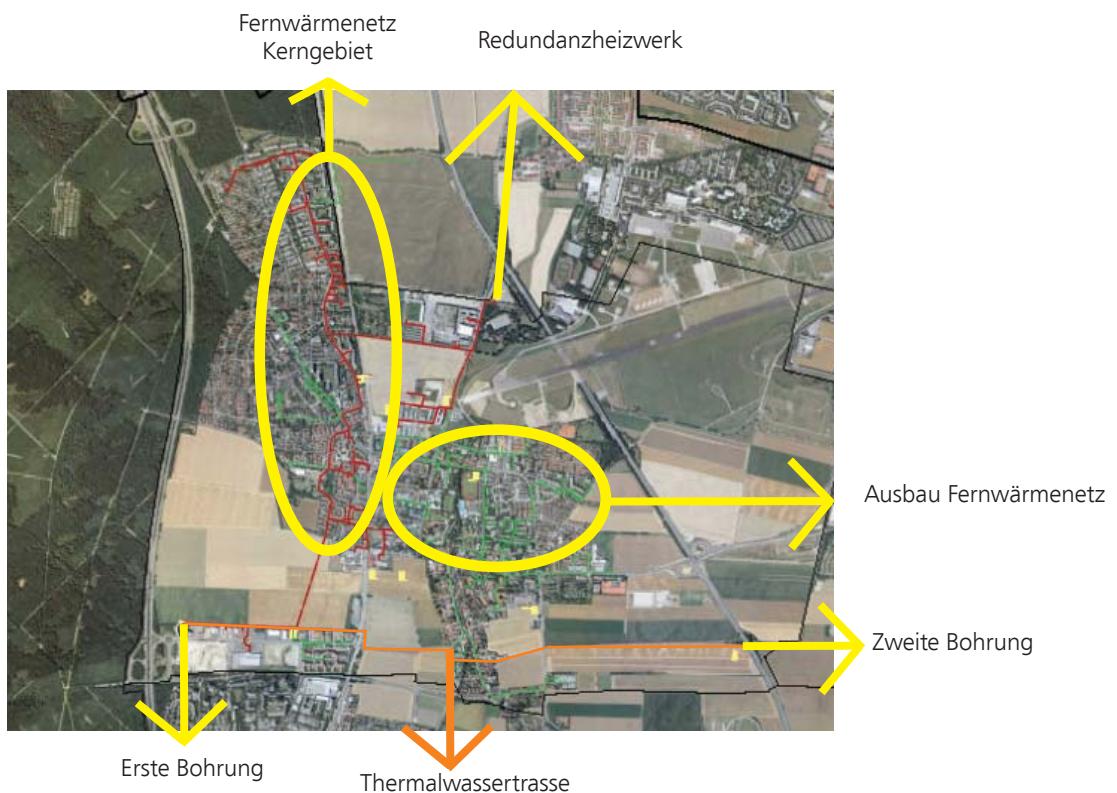


Abbildung 6: Standortübersicht Gewerke

## 2.6.1 Geothermische Tiefbohrung Gt Unterhaching 1a

Zur Festlegung des Bohrabsatz- und Bohraufschlagspunktes wurden mit finanzieller Unterstützung durch das ZIP-Programm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ein Reprocessing und eine Reinterpretation der aus den Jahren der Öl- und Gasexploration vorhandenen Seismik durchgeführt. Die erforderlichen seismischen Daten wurden käuflich erworben.

Als Bohrabsatzpunkt war ein gemeindeeigenes Grundstück am Grünwalder Weg festgelegt, auf welchem zu einem späteren Zeitpunkt auch die Stromerzeugungsanlage errichtet werden konnte. Erfreulicherweise lag fast direkt unter dem Grundstück ein vielversprechender Bohrzielpunkt.

Das Bohrkonzept war auf eine vertikale Teufe von 3.350 Meter ausgerichtet. Die erste Rohrtour wurde auf  $18 \frac{5}{8}$  Zoll ausgelegt. Der Enddurchmesser betrug  $8 \frac{1}{2}$  Zoll. Für die ehrgeizige Tiefbohrung kam eine erstmals eingesetzte, einzügige Bohranlage (TYP HDD 350.1) mit einer Lafettenlänge von 18 Meter und einem Arbeitshub von 13 Meter zum Einsatz. Die Bohranlage war die Weiterentwicklung einer ursprünglichen Horizontal-Bohranlage und wurde erstmals bei der geothermischen Tiefbohrung in Speyer verwendet. Unterhaching war der zweite Einsatz.

Am 6. Februar 2004 schließlich wurde offiziell im Beisein von Bundesumweltminister Jürgen Trittin und zahlreichen Gästen aus dem gesamten Bundesgebiet die erste Bohrung gestartet.

Die Bohrrealität holte die ursprüngliche Planung schneller ein als erwartet. Bereits nach Einbau der ersten Rohrtour ( $18 \frac{5}{8}$  Zoll) wurden bei der Zementation Undichtigkeiten festgestellt, so dass diese Rohrtour nicht mehr verwendbar war. In der Folge wurde entschieden, in die bestehende eine zusätzliche 16 Zoll-Rohrtour einzubauen. Diese von allen Beteiligten völlig unerwartete Situation der Undichtigkeit erforderte insbesondere aufgrund von Lieferzeiten für die neue Rohrtour einen dreimonatigen Bohrstop. Außerdem veränderte dieses Ereignis und die daraus folgenden Konsequenzen die ursprünglich geplante Bohrtechnik. Um das weitere Bohrkonzept aufrechterhalten zu können ( $13 \frac{3}{8}$  Zoll danach  $9 \frac{5}{8}$  Zoll) musste nun Bohrtechnologie zum Hinterschneiden eingesetzt werden.

Der weitere Bohrverlauf für die  $13 \frac{3}{8}$  Zoll-Rohrtour verlief dann etwas schneller als ursprünglich geplant, ebenso die sich anschließende Richtbohrstrecke. Mitte Juli allerdings, bei Erreichen des Top-Malms traf die Projektbeteiligten ein weiterer herber Rückschlag. Eine Festwerdehavarie in nahezu 3.000 Meter Tiefe. Nach Scheitern aller Rettungsversuche musste das Bohrgestänge abgesprengt und einzementiert werden. Bei ca. 2.800 Meter wurde daraufhin ein neuer Ast (Gt Unterhaching 1a) herausgebohrt. Es stellte sich heraus, dass die Prognose über die Lage des Top-Malms nur wenige Meter von den tatsächlich angetroffenen Verhältnissen abwich. Eine herausragende Leistung der prognostizierenden Geologen und Wissenschaftler.

Mitte September 2004 – etwa 9 Monate nach tatsächlichem Bohrbeginn – konnte der Leistungstest durchgeführt werden. Die ersten Ergebnisse waren Glück und Leid zugleich. Die angetroffene Temperatur übertraf mit 123,5 Grad Celsius Schichttemperatur die optimistischsten Erwartungen. Die ersten Schüttungsraten blieben dagegen extrem unter den Erwartungen und hätten, bei Bestand dieser Werte, das Scheitern des Projektes zur Folge gehabt.

Nach Durchführung einer Drucksäuerung erhellten sich jedoch die Gesichter aller Beteiligten. Diese eine Stimulierungsmaßnahme verbesserte das ursprüngliche Ergebnis der Schüttung um den Faktor 37, so dass mit 150 Liter pro Sekunde ein guter Wert erreicht wurde und die Bohranlage zum nächsten Projekt auf einer Bohrplattform in der Nordsee weiterziehen konnte.



Abbildung 7: Festlicher Bohrstart der ersten Bohrung

Im Frühjahr 2005 sollten von einer kleineren Anlage die letzten, gelochten Rohre (Slottet Liner) eingebaut werden. Auch bei dieser Arbeit zeigte sich etwas Ungeplantes: Die Bohrung hatte sich im oberen Bereich zugesetzt. Nur mit einer speziellen Einbautechnik und Dank der professionellen Unterstützung der technischen Planer und des beauftragten Bohrunternehmens konnten die Arbeiten mit nur geringer Verzögerung abgeschlossen werden. Die nach dem Einbau des Slottet Liners in einem längeren Test gemessenen Schüttarten der Bohrung deuteten allerdings auf einen höheren Stromverbrauch zur Förderung von 150 Liter pro Sekunde als ursprünglich geplant hin.

Der Durchbruch für die hydrothermale Strom- und Wärmeerzeugung in der bayerischen Molasse war geschafft. Erstmalig gelang der Nachweis, dass derartige, insbesondere für die Stromerzeugung notwendigen hohen Schüttungsraten und Temperaturen erreicht werden können.

### 2.6.2 Geothermische Tiefbohrung Gt Unterhaching 2

Nach Bestätigung des überragenden Ergebnisses der ersten Bohrung im September 2004 wurde mit der Ausschreibung und Planung der zweiten Bohrung begonnen. Auf Grund der guten Ergebnisse und der hohen Potenziale wurde die beste von drei, aber nicht die ursprünglich vorgesehene Störung im Aufsuchungsfeld Unterhaching für die zweite Tiefbohrung genutzt.

Der Bohrplatz wurde nahe der A8 im Südosten der Gemeinde festgelegt. Dieser Punkt war zwar unter Lärmbedingungen sehr günstig, allerdings war weder eine Wasserver- oder -entsorgung noch eine Stromversorgung oder Datenanbindung verfügbar.

Unter anderem durch den gestiegenen Ölpreis hatte sich auch die Nachfrage nach Bohranlagen erhöht. Das europaweite Vergabeverfahren wurde am 16. Februar 2005 eröffnet und konnte erst am 9. Januar 2006 mit einem Zuschlag vergeben werden. Der Gemeinderat verzichtete damals vor dem Hintergrund des Erfolgs der ersten Bohrung auf die Versicherung des Fündigkeitsrisikos. Jedoch wurden die technischen Risiken der Bohrung gemeinsam mit dem Bohrunternehmer abgesichert.

Nach ablaufbedingten Wartezeiten konnte am 22. Juni 2006 mit der Bohrung begonnen werden. Genutzt wurde ein Bohrturm mit über 50 Meter Höhe. Die Stromversorgung wurde auf Basis von Generatoren realisiert. Im Gegensatz zur ersten Bohrung wurde diesmal von Anfang an mit kleineren Bohrdurchmessern und dem Einsatz der „Hinterschneidungstechnik“ geplant. Diese Technik wurde insbesondere durch die guten Erfahrungen bei der ersten Bohrung als wirtschaftlich vorteilhaft und technisch beherrschbar eingeschätzt. Leider steckte der Teufel hier im Detail: Das komplizierte „Um-die-Ecke-Bohren“ konnte aus nicht abschließend geklärten Gründen nicht wie geplant realisiert werden, was zu einer Verlegung des Zielpunktes und Verzögerungen im Ablauf von mehreren Wochen führte.

Schaum in der Spülung, Metall in der Bohrung und abnormer Verschleiß an Bohrmotoren waren weitere Herausforderungen, welche im Verlauf der Bohrarbeiten abgearbeitet werden mussten.



Abbildung 8: Testarbeiten der Bohrung Gt Unterhaching 2



Abbildung 9: Gt Unterhaching 2 nach Beendigung der Bohrarbeiten und Rückbau des Bohrplatzes

Im November 2007 knallten dann nach dem Erreichen der geplanten Endteufe das erste Mal die Sektkorken. Die ersten Einschätzungen nach den Tests schienen auf einen Erfolg der Bohrung hinzuweisen. Detaillierte Auswertungen machten allerdings später deutlich, dass die Bohrung noch einmal vertieft werden musste.

Im Januar 2008 war es dann endlich soweit. Nach der Vertiefung, einem längeren Abschnitt Bohren ohne Spülung und einigen Säure-Stimulierungen konnte die zweite Bohrung als Erfolg gefeiert werden. Entgegen den Erwartungen aller Geologen war das Ergebnis der Bohrung nicht nur hydraulisch (Pumpstromaufwand) sondern auch thermisch (höhere Fördertemperatur des Thermalwassers) noch besser als das Ergebnis der ersten Bohrung. Die Temperatur von 133,7 Grad Celsius bei 150 Litern pro Sekunde bedeutete insgesamt einen zusätzlichen Energiegehalt des Thermalwassers im Vergleich zur ersten Bohrung von ca. 7 MW thermischer Leistung. Dieses enorme Mehr an Energiegehalt führte letztendlich auch zur Überlegung und Überprüfung, den Doubletenkreislauf umzukehren, was jedoch im Oktober 2008 vom Aufsichtsrat nach intensiver Bewertung der technischen Risiken abgelehnt wurde.

Bei einem Injektionstest nach Abschluss der Bohrung zeigte sich eine weitere Besonderheit von Tiefbohrungen: Vermutlich bei der Injektion von kaltem Wasser in die Bohrung zu Testzwecken geriet das Metall der Verrohrung bei fast 3.000 m Tiefe derart unter Spannung, dass ein Loch entstand. Dieses Loch musste später mit aufwändigen Maßnahmen abgedichtet werden, wofür allerdings die entsprechende Versicherung aufkam.

Die besonderen Herausforderungen waren:

- > Sichern des Grundstücks über Kauf- bzw. Erbpachtverträge und Grunddienstbarkeiten
- > Verhandlungen mit der Autobahnmeisterei und der Verwaltung der Grundstücke des Bundes über die Grundstücksnutzung während und nach der zweiten Bohrung
- > Zweiter „Festpreis-Vertrag“ für eine Tiefbohrung nach europaweiter Ausschreibung
- > Verträge mit acht verschiedenen Unternehmen im Umfeld der Bohrung
- > Abschluss einer Versicherung über das technische Bohrrisiko
- > Sonderbetriebsplan Bohrplatzbau und Hauptbetriebsplan Bohrung
- > Sonderbetriebspläne Stimulierungen, Tests und Vertiefung
- > Höhere Bohrkosten (und Fördermittel) durch viele Tests und Vertiefung der Bohrung
- > Schaffung der Infrastruktur für die Bohrung in Bezug auf Strom- und Wasserversorgung und Testwasserentsorgung

### 2.6.3 Thermalwasserleitung

Bei einer ganzjährigen Anlagenlaufzeit fließen im Maximalfall unglaubliche Wassermassen von der Förder- in die Reinjektionsbohrung.

Im avisierten Maximalfall drückt die Pumpe 150 Liter pro Sekunde an die Oberfläche. Dies summiert sich in einem Jahr zu über 4,6 Milliarden Liter, die den Weg an die Oberfläche und wieder zurück in den Aquifer antreten. Dies entspricht dem Inhalt von ungefähr neun Supertankern oder einer Wassersäule auf einem Quadratmeter von 4.600 Kilometer.

Mit Hilfe einer Tauchpumpe in der Produktionsbohrung wird das Thermalwasser durch die Thermalwasserleitung, welche beide Bohrungen verbindet, bis zur zweiten Bohrung transportiert. Die Thermalwasserleitung hat einen Durchmesser von 350 Millimeter und eine Länge von ca. 3,6 Kilometer. Nach entsprechender Ausschreibung ohne Materialvorgabe entschied man sich aufgrund ausreichender Garantien, den aus der ersten Tiefbohrung zugrundegelegten Parametern in Bezug auf die Thermalwasserzusammensetzung sowie weiteren vertraglichen Aspekten für Glasfaserverstärkte Kunststoffrohre (GFK).



Abbildung 10: Thermalwasserleitungsrohre vor Verlegung

Die Rohre unterquerten den Hachinger Bach, was spezielle genehmigungsrechtliche Aspekte mit sich brachte. Weiterhin wurde die Trasse der S-Bahn unterquert, so dass eine weitere Abstimmung und Genehmigung der Deutschen Bahn notwendig war. Die Grunddienstbarkeiten wurden mit den jeweiligen Grundstückseigentümern verhandelt, wobei die Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG auf freundliche Kooperationsbereitschaft stieß. In den Grunddienstbarkeiten ist rechtlich fixiert, dass zu jeder Zeit zur Wartung und Instandhaltung ein Zugang zur Leitung ermöglicht wird.

### 2.6.4 Tiefpumpe

Das Herzstück des gesamten Projektes und somit das wichtigste Aggregat ist die Tiefpumpe. Im Projekt Unterhaching wurde für die erste Projektphase die bis dato größte Tiefpumpe in einem Geothermieprojekt eingesetzt, was für sich alleine genommen bereits eine große technische Herausforderung war.

Die Temperatur des Thermalwassers sowie die Fördermenge in Kombination stellten den Lieferanten vor beachtliche Herausforderungen. Die zwölfstufige Tauchpumpe ist eine Spezialanfertigung, da in diesen Volumina im Normalfall keine Pumpen benötigt werden. Auch in der Kohlenwasserstoffexploration werden Pumpen mit der Belastung dieser Temperatur und Schüttung sehr selten benötigt.

Dadurch hat die Pumpe in Unterhaching den Weg geebnet für weitere Geothermieprojekte, welche die Realisierung des Konzeptes von Unterhaching, insbesondere die Stromerzeugung zum Ziel haben. Die Hersteller wurden auf den deutschen Geothermiemarkt aufmerksam und es wird erwartet, dass mittelfristig noch leistungsstärkere Pumpen zur Verfügung stehen werden.



Abbildung 11: Zwölfstufige Tiefpumpe vor Anlieferung in Unterhaching

Nachdem die für die erste Projektphase geplante Pumpe lediglich eine Pumpleistung von ca. 105 Liter pro Sekunde gewährleistet, wird die Geothermie Unterhaching & Co KG ab Mitte 2009 einen neuen, leistungsfähigeren Prototyp einsetzen. Mit diesem lässt sich für die ersten Jahre ausreichend Wasser fördern. Nach den ersten Betriebserfahrungen wird die Leistung des Prototyps erhöht, womit eine Förderung von 150 Liter pro Sekunde möglich werden soll. Für diesen weiteren Beitrag der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG zur erfolgreichen Entwicklung der Geothermie konnten zusätzliche Fördermittel vom Bundesumweltministerium gewonnen werden.

### 2.6.5 Obertageanlage

Die Obertageanlage stellt die Verbindung zwischen der Thermalwassertrasse und den beiden Bohrungen dar. Eine Vielzahl an Mess- und Leittechnik wurde hier installiert, um stets den Volumenstrom unter Kontrolle zu halten.

Eine weitere Besonderheit ist die für dieses Projekt gewählte Stickstoffbeaufschlagung der Bohrungen. Hierdurch wird gewährleistet, dass stets ein Minimaldruck im Gesamtsystem aufrecht erhalten wird, insbesondere um Ausgasungen und Ausfällungen zu vermeiden.

Die Obertageanlage in Gesamtheit wurde von einer Vielzahl von Planern (E- und Leittechnik, Verfahrenstechnik und Maschinenbau) konzipiert, was eine permanente Kontrolle der Schnittstellen notwendig machte. Obgleich die Obertageanlage in ihrer Funktion eminent wichtig ist für das Projekt, steht sie unberechtigterweise ein wenig im Schatten der großen Gewerke Bohrungen, Heizwerk oder Kalina-Anlage.

### 2.6.6 Fernwärmennetz

Eine echte Erfolgsgeschichte ist die Wärmeversorgung: In der Phase der Projektkonzeption sollten ursprünglich nur gemeindliche Gebäude versorgt werden. Die geplanten Investitionen in der als erstes vorliegenden Machbarkeitsstudie für ein 4 MW-Netz lag bei 2,1 Millionen Euro. Dass aus den 4 MW bei Projektabschluss über

30 MW werden, hätte damals wohl keiner gedacht. Doch nach Festlegung der langfristigen Preisentwicklung und auf Grund der stetig gestiegenen Heizölpreise setzte ein wahrer „Run“ auf Verträge zur Wärmeabnahme ein. Für die Bürgerinnen und Bürger Unterhachings war damit die Sicherheit gegeben, dass sie sich für eine langfristig preisstabile Wärmeversorgung entscheiden und die Vorteile der Geothermie auch tatsächlich bei den Kunden ankommen.

Nach Vertragsunterzeichnung am 5. Mai 2006 begannen die Bauarbeiten für den ersten Bauabschnitt und das Kerngebiet. Um dieses Großprojekt zu stemmen, arbeiteten teilweise 135 Mitarbeiter auf 13 Baustellen, auch am Wochenende. Allein in den Jahren 2006 und 2007 wurden 41.137 Meter Rohrleitungen verlegt. Dazu wurde Metall mit einem Gewicht von ca. 1.400 Tonnen benötigt und es mussten 12.800 Schweißnähte erstellt werden. Beim Projekt Unterhaching wurde damit der größte Fernwärmennetzneubau seit Anfang der achtziger Jahre realisiert.

Mit dem Fernwärmeausbau 2008 wurden nun über 56 Kilometer Fernwärmeverteilungsleitungen in den Straßen und Wegen Unterhachings verlegt. Dass der Bau eines derartig weit verzweigten Fernwärmennetzes in Unterhaching einmal stattfindet, wurde bei Verlegung der sonstigen Versorgungsleitungen nicht eingeplant. Während in der Landeshauptstadt beim Neu-Verlegen von Versorgungsleitungen immer ein Bereich für Fernwärmehöre freigelassen wurde, mussten in Unterhaching vorhandene Strom-, Gas-, Wasser-, Telekommunikations- oder Abwasserleitungen verlegt bzw. umgelegt werden. Bis 2008 wurden 27.000 derartige Trassenquerungen gezählt, jeweils verbunden mit vielen Handschachtungen. Nur durch eine hochwertige Projektvorbereitung auch von Seiten der Planer konnten die Plankosten pro Meter eingehalten werden.

Doch das Gewerk Fernwärme entwickelt sich stetig weiter. Während die anderen Gewerke eines nach dem anderen abgeschlossen wurden, wird dieser Prozess des Fernwärmennetzausbaus erst beendet sein, wenn das festgelegte Ziel von 70 MW erreicht ist. Bei der Überwachung der Baumaßnahme wurde besonders Wert auf Unabhängigkeit gelegt. Die ersten beiden großen Bauabschnitte wurden zusätzlich zur Rechnungsprüfung durch die beauftragten Ingenieurbüros und durch Rödl & Partner auf vertragsgemäße Errichtung hin überprüft.



Abbildung 12: Fernwärmennetzbau

Mit Erfolg: Trotz der hohen Ansprüche an den Tief- und Rohrleitungsbau konnten alle Bauabschnitte ohne größere Unfälle und zur Zufriedenheit der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG erstellt werden.

## 2.6.7 Heizwerk

Das Redundanz- und Spitzenlastheizwerk ist in der Gesamtkonzeption des Versorgungskonzeptes nicht wegzudenken. Unter dem Dach des Gebäudes an der Biberger Straße steckt sozusagen die Versicherung, dass die Wärme auch immer beim Kunden ankommt.

Es war von Beginn an im Konzept vorgesehen, dass eine Redundanz über fossile Brennstoffe errichtet wird, denn ohne diese ist die geforderte hundertprozentige Versorgungssicherheit nicht zu gewährleisten.

In einem ersten Schritt musste daher ein Standort für das Redundanzheizwerk gefunden werden, was sich auf Grund

- > der zur Verfügung stehenden gemeindlichen Grundstücke,
- > der bereits ausgewiesenen Grünflächen,
- > der zu erwartenden maximalen Emissionen (für den Fall, dass im Winter zu einem Spitzenlastzeitpunkt die Wärme durch das Heizwerk produziert werden muss) sowie
- > diversen weiteren Randbedingungen

als sehr schwierig herausstellte.

Insgesamt mussten 13 mögliche Standorte auf ihre Eignung insbesondere unter genehmigungsrechtlichen Aspekten geprüft werden. Einige der zu beurteilenden Aspekte waren dabei:

- > Verfügbarkeit von Grundstücken
- > Lage hinsichtlich Emissionen
- > Verkehrsanbindung
- > Ausreichende Größe
- > Anforderung der benachbarten Bebauung
- > Gasnetzanbindung
- > Wasserrechtliche Aspekte (z. B. Überschwemmungsgebiet)

Doch die Mühe hat sich gelohnt. Mit der Biberger Straße wurde ein Standort gefunden, welcher aus Unterhachinger Sicht als ideal zu bezeichnen ist. In Folge wurden daher auch die baurechtlichen Voraussetzungen geschaffen.

Im Heizwerk wurden folgende technische Komponenten installiert:

- > Fernwärmennetzpumpen
- > 2 Heißwasserspeicher mit je 120 m<sup>3</sup>
- > 2 Ausgleichsbehälter mit je 100 m<sup>3</sup>
- > 2 Ausdehnungsbehälter mit je 10 m<sup>3</sup>
- > Druckhaltung für Fernwärmennetz
- > Leittechnische Warte für Heizwerk & Fernwärmennetz
- > 2 Kessel (Gas/Heizöl) mit Zweistoffbrennern mit jeweils 23,5 MW Feuerwärmeleistung
- > 2 unterirdische, doppelwandige Heizöltanks mit je 100 m<sup>3</sup>
- > Wasseraufbereitungsanlage und Notstromaggregat

Die Ausschreibung der Leistungen erfolgte in zwei großen Losen: Neben den eigentlichen Kesseln wurde auch der Wasser-Dampf-Kreislauf mit der Druckhaltung, den Öltanks und der Umwälzung des Fernwärmennetzes getrennt ausgeschrieben. Daneben wurden weitere Aufträge für den Bau des Gebäudes, die Stahlbauarbeiten, die Leittechnik und die Erstellung der Dachbegrünung und der Außenanlagen vergeben.

Das Kalina-Kraftwerk ist mit dem Heizwerk über ein eigenes Glasfaserkabel verbunden, so dass beide Leitstände in Echtzeit miteinander kommunizieren können. Sollte es beispielsweise nachts zu einem Ausfall der Pumpenanlage in der Förderbohrung kommen, würde sofort das Heizwerk einspringen und die Fernwärmeversorgung aufrecht erhalten. Gleicher gilt selbstverständlich für den Spitzenlastfall, falls die geothermische Energie nicht mehr ausreichen sollte.

Das Heizwerk musste gemäß §4 Bundesimmissionsschutzgesetz von der Regierung von Oberbayern genehmigt werden und wird auch regelmäßig überprüft. Somit ist gewährleistet, dass die strengen Luftreinhaltungsvorschriften stets eingehalten werden. Im günstigsten Fall, wenn die Pumpe läuft, wird das Heizwerk kaum benötigt, aber natürlich hat die Sicherheit der Versorgung der Gemeinde höchsten Stellenwert.



Abbildung 13: Redundanz- und Spitzenlastheizwerk



Abbildung 14: Innenleben des Heizwerks

## 2.6.8 Kalina-Anlage

Zu Beginn des Projektes waren zwei Technologien zur Stromerzeugung verfügbar. Eine bereits häufig realisierte Technologie mit einem Einstoffgemisch (Organic Rankine Cycle) sowie die Kalina-Technologie. Entscheidende Voraussetzung vom BMU für die Förderung als Demonstrationsvorhaben war die Kalina-Technologie. Denn insbesondere auf Grund des hohen Innovationsgrades und der Notwendigkeit eine solche Technologie in Deutschland zu errichten, galt sie als besonders förderungswürdig.

Bei den Vertragsverhandlungen galt ursprünglich noch die Voraussetzung einer stromgeführten Anlage. Dies hätte die elektrische Spitzenleistung von kalkulierten  $4,7 \text{ MW}_{\text{el}}$  bedeutet. Die Wärmeversorgung stand zu diesem Zeitpunkt noch im Hintergrund. Wie bereits erwähnt, änderte sich die Projektkonzeption allerdings im Zuge der Öl- und Gaspreissteigerungen weg von der stromgeführten, hin zu der wärmegeführten Anlage. Dies hatte eine kleiner dimensionierte Auslegung der Kalina-Anlage auf die elektrische Spitzenleistung von  $4,1 \text{ MW}_{\text{el}}$  ( $3,36 \text{ MW}_{\text{el}}$  durchschnittlich) und eine jährlich produzierte Strommenge von  $27.000 \text{ MWh}_{\text{el}}$  zur Folge.

Breiten Raum in den Vertragsverhandlungen nahm die Frage ein, ob die wärmegeführte Gesamtausrichtung und damit die Reduzierung der Stromproduktion wirtschaftlich die sinnvollere Alternative sei. Der Verhandlungspartner Siemens AG bezweifelte dies zunächst. Umfangreiche wirtschaftliche Sensitivitätsberechnungen, die von Rödl & Partner durchgeführt wurden, bestätigten die Richtigkeit dieser Entscheidung. Siemens konnte letztendlich überzeugt werden und entwickelte sich zum konstruktiven Partner, der diese Ausrichtung tatkräftig unterstützte.

Da die Kalina-Anlage in Unterhaching als Pilot- und Demonstrationsvorhaben erstmalig von der Siemens AG gebaut wurde, existierte ein erhebliches Sicherheitsbedürfnis bei beiden Vertragsparteien. Neuland wurde betreten und trotz aller bis dato angestellten Untersuchungen, Analysen, Berechnungen, usw. blieben viele Unbekannte bestehen. Für Unterhaching war es wichtig, dass die Gesamtverantwortung inklusive Planung und Genehmigung beim Auftragnehmer lag. Somit wurde ein Vertragswerk geschaffen, bei welchem Siemens als Generalunternehmer auftrat.

Vor dem Hintergrund der vielen Unbekannten gestalteten sich im Ergebnis auch die vertraglichen Festlegungen über Leistungsmerkmale, Gewährleistungen, Vertragsstrafen, Abnahmebedingungen sowie die Konsequenzen bei Nichterreichen der vertraglich geschuldeten Parameter langwierig. Tage-lange und manchmal nächtelange Sitzungen fanden statt.

Die Vertragsverhandlungen zogen sich am Ende über einen Zeitraum von neun Monaten hin, ehe der Vertrag unterschriftsreif vorlag, und im Beisein des damaligen bayerischen Wirtschaftsministers Otto Wiesheu sowie des damaligen Siemens-Zentralvorstands Claus Weyrich am 18. November 2005 geschlossen wurde. Beide Parteien waren am Ende mit dem Ergebnis zufrieden. Eine starke und erfolgreiche Partnerschaft war begründet. Ein wichtiger und langwieriger Diskussionspunkt war die Frage des Lärm-schutzes, der sowohl den Behörden als auch der Gemeinde ein wichtiges Anliegen war. Nach langen Verhandlungen mit den Behörden wurde ein



Abbildung 15: Vertragsunterzeichnung Kalina-Anlage



Abbildung 16: Gebäude der Kalina-Anlage mit Kühlturm

Wert von 38 dB(A) nachts auferlegt. Ein Wert, der zumal wegen der Autobahnnähe faktisch nicht hörbar ist, jedoch bis dahin nicht kalkulierte Zusatzinvestitionen bei der Geothermie Unterhaching GmbH & CO KG, insbesondere hinsichtlich der Nasskühltürme, in Millionenhöhe auslöste.

Eine besondere Herausforderung für alle Beteiligten war, dass im Gebäude der Kalina-Anlage nicht nur die Technik für die Stromerzeugung untergebracht sein sollte. Ein integraives Konzept musste entwickelt werden, da auch die Obertageanlage sowie die Wärmetauscher und Pumpen für das Fernwärmennetz an diesem Standort und in diesem Gebäude realisiert werden sollten und wurden.



Abbildung 17: Turbine und Ammoniakbehälter der Kalina-Anlage

Trotz eng bemessenen Platzverhältnissen und einer Vielzahl an zeitgleich abzuwickelnden Gewerken (z. B. Ein- und Ausbau der Unterwassermotorpumpe) verliefen die Bauarbeiten am Grünwalder Weg nahezu reibungslos.

Nach Fertigstellung der Kalina-Anlage und Einbau der Turbine stieg die Spannung bei den ersten Testläufen der neuen, weltweit ersten von Siemens gebauten Kalina-Anlage. Die Hoffnungen, dass die Inbetriebnahme und Synchronisation der Anlage ohne größere Überraschungen vonstatten gehen würde, wurden zerschlagen. Bis zur Synchronisation der Kalina-Anlage verging deutlich mehr Zeit als ursprünglich geplant. Am 07. Mai 2008, um 19.40 Uhr war es aber soweit: Die erste in Bayern geothermisch erzeugte Kilowattstunde Strom wurde ins Netz eingespeist.

Nach der ersten Inbetriebnahme zeigten sich wiederholt Undichtigkeiten an den Wärmetauschern und weitere technische Herausforderungen, welche mit verschiedenen Mitteln dauerhaft zu beseitigen versucht wurden. Abschließend entschied sich Siemens für den Einsatz von „semigeschweißten“ Wärmetauschern. Der Teil der Anlage, welcher von Ammoniak-Wasser-Gemisch durchströmt wird, ist seitdem hermetisch abgedichtet. Nach Abschluss dieser komplizierten Arbeiten sowie weiterer Optimierungen im Verfahren konnte am 3. Februar 2009 die Inbetriebnahme zur dauerhaften Stromerzeugung stattfinden.

## 2.7 Wirtschaftlichkeit und Risikomanagement

Um das Geothermieprojekt in Unterhaching erfolgreich umzusetzen zog der Gemeinderat einen unabhängigen Projektmanager hinzu. Durch diesen Schritt wurden verschiedene Ziele angestrebt: die Vermeidung von Verflechtungen einzelner Projektbeteiligter und damit die optimale Kontrollmöglichkeit der erbrachten Leistungen sowie die professionelle Handhabung wirtschaftlicher und rechtlicher Risiken. Die erfolgreiche Umsetzung des bis heute größten Geothermieprojektes in Unterhaching hat gezeigt, dass diese Entscheidung richtig war.

Die größte Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit und damit auch für das Risikomanagement hat die laufende Einnahmeseite. Der Großteil der Einnahmen wird auf Grund des wärmegeführten Anlagenbetriebs langfristig durch die Wärmeproduktion generiert. Daher war besonders darauf zu achten, dass keine mangelhaften Wärmelieferverträge die Einnahmen gefährden. Die Lösung war und ist das von Rödl & Partner maßgeschneiderte Preissystem. Dabei mussten der Preis und die dazugehörige Preisgleitklausel zahlreichen Anforderungen genügen, insbesondere den Regelungen der AVBFernwärmeV. In Unterhaching war dabei die besondere Herausforderung, dass die Fernwärmepreise und die Preisgleitklausel noch vor dem Ende der ersten Bohrung festgelegt werden mussten. Zum einen galt es, die bis dahin noch nicht bekannten späteren laufenden Aufwendungen durch die Wärmeeinnahmen zu decken ohne über dem Marktpreis zu liegen. Zum anderen musste die richtige Preisentwicklungsklausel gefunden werden, da die Preise während der Vertragslaufzeit von ca. 10 Jahren nicht anderweitig verändert werden dürfen.

Im Rahmen der Stromeinnahmen war ein Faktor ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit, dessen Entwicklung jedoch nicht in der Hand der Projektbeteiligten lag: das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG). Während zu Beginn des Projektes noch mit 8,95 €Cent/kWh für die Stromeinspeisung kalkuliert wurde, waren es am Ende 16 €Cent/kWh Grundvergütung,

4 €Cent/kWh Frühstarterbonus und ein Wärmebonus für das Auskoppeln von über 20 Prozent Wärme in das Fernwärmennetz von 3 €Cent/kWh. Diese Entwicklung zeigt deutlich, dass der Gesetzgeber die Erneuerbaren Energien und besonders die Geothermie zielgerichtet fördert. Trotz der hohen Einspeisevergütung für Strom ist die Schwerpunktverlagerung von einer ursprünglich strom- auf eine heute wärmegeführte Anlage die richtige gewesen. Grund hierfür ist der deutlich höhere Deckungsbeitrag aus dem Wärmeverkauf, welcher insbesondere aus dem besseren Wirkungsgrad bei der Gewinnung von Wärme herröhrt. Auch die Möglichkeit eventuell steigende Kosten für die Produktionsfaktoren an die Kunden weitergeben zu können, sprach für diese Umstellung.

Auf der Ausgabenseite sind vor allem die geologischen Grundbedingungen ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit, da sie nicht nur den Energiegehalt festlegen, der Basis für die Strom- und Wärmeproduktion ist. Sie beeinflussen auch die späteren laufenden Aufwendungen wie beispielsweise die Materialhaltbarkeit oder den Pumpstrom. Nach Abschluss der Bohrungen und langfristigem Test der Stromerzeugungsanlage konnte auch das Finanzierungskonzept der Projektgesellschaft angepasst werden. Während in der Entstehungsphase die Finanzierung möglichst flexibel gestaltet wurde, konnte nun ein maßgeschneidertes und wirtschaftlich optimales Finanzierungs- und Besicherungskonzept entstehen.

Im Gegensatz zu standardisierten Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigt sich bei Geothermieprojekten eine Besonderheit: Bei einer Geothermieanlage werden nicht nur Anlagenwerte geschaffen, welche in Form von Bohrungen, Pumpenanlagen, Fernwärmleitungen etc. genutzt werden, sondern es wird ein „kostenloser“ Bodenschatz zugänglich gemacht. Dieser Bodenschatz muss in einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gesondert gewürdigt werden und stellt den eigentlichen Wert des Unternehmens dar.

Die hohen Investitionskosten zur Anlagenerstellung erfordern ein professionelles und kleinteiliges Risikomanagement. Dabei ist es wichtig, sich mit allen potentiellen Risiken intensiv auseinander zu setzen und ggf. ein genau angepasstes Risikobudget in den Investitionsplan aufzunehmen. Rödl & Partner hat während der Projektlaufzeit verschiedene Ansätze verfolgt um die Risiken des Projektes berechenbar zu machen:

- > Gute Vorbereitung und Prüfung des Projektes
- > Absicherung des Fündigkeitsrisikos
- > Absicherung geologischer und technischer Risiken (Bauleistungsversicherung, Lost-in-Hole etc.)
- > Entwicklung einer Alternative zum Bohrvertragsmodell der Bohrindustrie bzgl. der Verteilung von Pflichten und Risiken im Sinne einer optimalen Anreizverteilung
- > Gute Abstimmung und Koordination
- > Einberufen und einvernehmliche Dokumentation von regelmäßigen und außerordentlichen Projektsitzungen
- > Ständige Beobachtung des wirtschaftlichen und politischen Umfelds
- > Einkalkulierung planbarer Risiken (Risikobudget, Zeitplanung)
- > Fundierte Entscheidungsvorlagen
- > Auswahl leistungsfähiger, erfahrener und unabhängiger Partner und Experten
- > Detaillierte Businessplanung mit Bewertung des geschaffenen Wertes

Doch für die Gemeinde bzw. die Geothermie Unterhaching hat sich das Projekt nicht nur in der direkt in Zahlen ausgedrückten Wirtschaftlichkeit gelohnt; es wurde vielmehr ein nachhaltiger Standortvorteil für die Gemeinde geschaffen, der auch in Zukunft Magnet für die Bevölkerung und das Gewerbe sein wird. Zu den Standortvorteilen zählen dabei unter anderem die günstige, von Öl und Gas unabhängige Wärmeversorgung, die Preisstabilität, der Imagegewinn durch Klimaschutz und CO<sub>2</sub>-Einsparung sowie die Unabhängigkeit von ausländischen Energieträgerimporten.



Abbildung 18: Es gibt viel zu regeln

## UMSETZUNG VON GEOTHERMIEPROJEKTEN – PROJEKT- UND RISIKOANALYSE

### Projektphasen eines Geothermieprojektes (Kraft-Wärme-Kopplung)

Projekt- und Risikomanagement		
<b>Sicherung des Feldes</b> > Auswahl eines/mehrerer wirtschaftlich optimalen/r Standorte/s > Antragstellung zur Beantragung der Aufsuchungserlaubnis > Einreichung des Antrags > Erteilung der Aufsuchungserlaubnis  <b>Risiken</b> > Falsche Standortwahl > Feld bereits vergeben	<b>Machbarkeitsstudie</b> > Geologische Kenntnisstandanalyse > Erste technische Konzeption (Unterage, Obertage) > Erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Sensitivitätsanalyse) > Zeitplan  <b>Risiken</b> > Falsche Wirtschaftlichkeitsrechnungen → Fehlinvestition	<b>Vorerkundung</b> > Geologische Untersuchungen, Reinterpretation > Präzise Bestimmung des Bohrabsatz- und Bohraufschlagpunktes > Fördermittel-Konzept  <b>Risiken</b> > Falsche geologische Reinterpretation > Verlust der Fördermittel > Zu anspruchsvoller Bohrpfad
<b>Alternativstrategie</b> > Qualifizierte Standortprüfung > Abstimmung vor Ort	<b>Alternativstrategie</b> > Qualifizierte Machbarkeitsstudie inklusive - Risikoanalyse und -bewertung - Kalkulation von Budgetreserven	<b>Alternativstrategie</b> > Auswahl qualifizierter Partner

### Projektmanagement zur Risikominimierung

#### Fündigkeitsrisiko

Fündigkeitsrisiko wird definiert als ausreichende Quantität und Qualität des durch Bohrung(en) erschlossenen geothermischen Fluids.

#### Erfahrung

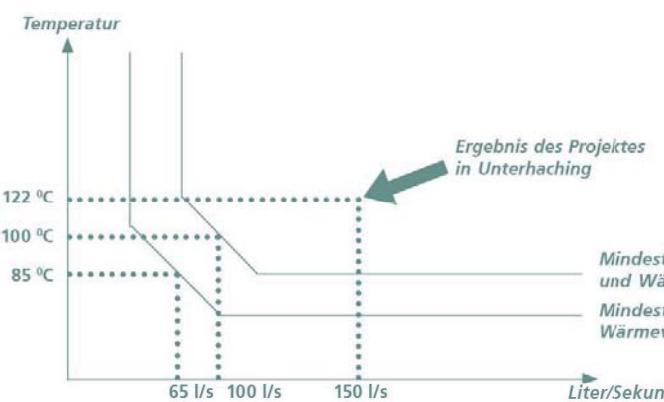
- > Vor dem Ende der Tiefbohrung gibt es nur Prognosen.
- > Die Fündigkeitsrisiko steht definitiv erst nach der ersten Tiefbohrung fest.
- > Bei einer vertikalen Tiefbohrung ist z.B. in Deutschland mit einer Investition in Höhe von 1,4 – 2,5 Millionen EUR pro 1.000 Metter zu rechnen.
- > Eine Vertikal-Bohrung über z.B. 3.000 m erfordert somit zwischen 4,2 – 7,5 Millionen EUR an Investitions- und Risikobereitschaft.

Abb. 1

#### Verschiedene Konzepte sind heute verfügbar, welche sich z.T. deutlich voneinander unterscheiden.

#### Fündigkeitsversicherung

Beispiel – Berechnung der Versicherungsparameter in Abhängigkeit von Temperatur und Fließrate



### Projektmanagement aus strikt wirtschaftlichem Blickwinkel

- > Sämtliche Entscheidungen des Projektteams wirken sich auf die Rendite des Projektes aus
- „Technologie ist Mittel zum Zweck. Rendite ist der Erfolgsfaktor!“

## KOMANAGEMENT

### ment

se  
ng und Konstruktion  
rbohrung  
ktionsbohrung  
au-Bewilligung

4  
gische Risiken, insbeson-  
drigkeitsrisiko  
Abb. 1  
sche, wirtschaftliche und  
che Risiken

ivstrategie  
t- und Risikomanagement  
Abb. 3  
gkeitsversicherung  
Abb. 2

**Errichtung**  
 > Planung und Bau der Stromer-  
zeugungsanlage  
 > Ggf. Planung und Bau der Thermalwassertrasse  
 > Planung und Bau der Pumpen-  
anlage  
 > Planung und Bau Fernwärmenet-  
z

**Risiken**  
 > Planungsfehler  
 > Technische Risiken, vor allem bei  
besonders innovativen Projekten

**Betrieb**  
 > Stromeinspeisung nach EEG  
 > Umsatzerlöse durch Wärmever-  
sorgung  
 > CO<sub>2</sub>-Zertifikate bis 2013  
 > Sonstiges

**Risiken**  
 > Pumpenstillstand  
 > Politische und rechtliche Risiken

**Alternativstrategie**  
 > Projektmanagement und -koor-  
dination  
 → Abb. 3

**Alternativstrategie**  
 > Kalkulation von Reserven für  
unvorhergesehene Ereignisse  
 > Betriebsunterbrechungsversiche-  
rung

gigkeit von Min-  
Abb. 2

**Recht**  
**Steuerberatung**  
**Finanzierung**  
**Kosten**  
**Organisation**  
**Technik**

Verträge, Genehmigungen, Ausschreibungen etc.  
 Steuerliche Optimierung  
 Businessplanning, Fördermittel,  
 Investitionsplanung  
 Kostencontrolling,  
 Angebotsvergleiche  
 Terminüberwachung, Vorbereitung von Entscheidungen  
 Überwachung und Begleitung der Planung und Ausführung

> Klare, eindeutige Kompetenzzuordnung  
 > Risikomanagement zur Früherkennung von Problemen  
 > Permanente, restriktive Kostenüberwachung  
 > Optimierung der Abläufe  
 > Sicherstellung der reibungslosen Kommunikation unter den Beteiligten

Abb. 3

rendite Strom-  
versorgung  
rendite  
versorgung

de

## 2.8 Pilotprojekt verlangt Pilot-Kalkulation: Die Entwicklung der Preisgleitklausel

Die Festlegung der Preisgleitklausel stand unter dem Motto: Der Bereich mit der größten Wertschöpfung muss langfristig rechtssicher sein. Durch das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung wird in Unterhaching nicht nur umweltfreundlich Strom erzeugt, sondern es kann durch das außerordentlich große geothermische Potenzial langfristig auch die Vollversorgung der Gemeinde mit Wärme zur Beheizung von Wohn- und Gewerbeimmobilien ins Auge gefasst werden. Lediglich bei Wartungsvorgängen, eventuellen Störungen oder außergewöhnlich niedrigen Temperaturen müssen dann noch fossile Energieträger zum Einsatz kommen. Im Rahmen der kommunalen Daseinsvorsorge gibt die Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG die wirtschaftlichen Vorteile dieser innovativen und umweltfreundlichen Energiegewinnung an die Kundinnen und Kunden weiter. Während die Einnahmen aus Strom mit dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz langfristig gesetzlich geregelt sind, obliegt die Festsetzung eines Wärmepreises dem Projektträger selbst. Dabei muss das Preissystem jedoch zahlreiche Anforderungen erfüllen.

Der Gesetzgeber trägt dem besonderen Schutzbedürfnis der Kunden in Hinblick auf die langfristige Preisentwicklung mit genauen Vorgaben zur Wärmepreisanpassung Rechnung. Danach muss die Fernwärmepreisentwicklung in einer üblicherweise mindestens für zehn Jahre verbindlichen Preisgleitklausel geregelt sein, die sowohl die Verhältnisse auf dem Wärmemarkt miteinbezieht als auch die Preisentwicklung der Produktionsfaktoren berücksichtigt. Im Falle der Geothermienutzung sind dies Investitions- und Lohnkosten, der Stromverbrauch der Pumpe und Aufwendungen insbesondere für fossile Brennstoffe zur Abdeckung der Spitzenlast.

Die daraus resultierende Herausforderung besteht in der korrekten kalkulatorischen Zurechnung der Kosten auf die beiden Kuppelprodukte Strom und Wärme. Dieses wird durch sich ändernde Parameter wie Lastgang, Wärmeabnahme und Anschlussleistung erschwert, da diese Werte im Vorfeld unbekannt sind und nur auf Grund von langjähriger Erfahrung der Projektbeteiligten in realisierten Projekten erarbeitet werden können.

Liegen die tatsächlichen Kosten der Betriebsphase über den Einnahmen aus dem Wärmeverkauf, weil der Preis z. B. zu niedrig angesetzt wurde, kann dieser während der gesamten Vertragslaufzeit nicht mehr angepasst werden kann. Ein zu hoher Preis führt allerdings zu einer geringeren Nachfrage.

Eine weitere Besonderheit in der Preisfestsetzung besteht in dem Umstand, dass das betreffende Energieversorgungsunternehmen in einem räumlich begrenzten Markt oftmals den einzigen geothermischen Fernwärmeanbieter darstellt und der Gesetzgeber über das EEG einen Anschluss- und Benutzungzwang ermöglicht. Falls dieser politisch durchgesetzt wird, könnte diese monopolähnliche Marktstruktur und die dadurch ermöglichte autonome Preisfestsetzung ein besonderes Schutzbedürfnis des Abnehmers begründen, was seinerseits eine besonders strenge gesetzliche Reglementierung des Preises zur Folge hätte. Die Komplexität erhöht sich noch dadurch, dass die Vollausschöpfung der Preisgleitklausel erfahrungsgemäß eine Überkompensation der tatsächlichen Kostensteigerung mit sich bringt. In der Gesamtbetrachtung muss der Projektbetreiber daher sicher sein, dass das gewählte Preissystem einer nicht ausschließbaren späteren rechtlichen Prüfung standhalten wird.

Für den Kunden bietet der Bezug von geothermisch erzeugter Fernwärme zahlreiche Vorteile, die ebenfalls die Preisgestaltung beeinflussen:

- > Geringerer Energiebezug durch die verlustarme Übergabe der Fernwärme,
- > Abkopplung von der Preisentwicklung fossiler Brennstoffe,
- > Einsparung von Investitionskosten, z. B. für Kessel,
- > Einsparung von laufenden Kosten, z. B. für Schornsteinreinigung,
- > Zugewinn von Nutzraum.

Diese Aspekte lassen einen Argumentationsspielraum für einen höheren Preis, als den von Kunden zum Vergleich in der Regel angesetzte reine Preis für Heizöl oder Erdgas zu. Die Weitergabe des Nutzens an die Kunden, die Erfüllung gesetzlicher Anforderungen und die wirtschaftliche Führung des Versorgungsunternehmens sind Kernziele bei der Gestaltung eines Preissystems.

## 2.9 Fördermittel Unterhaching

Zur Finanzierung des Pilotprojektes Unterhaching wurden neben Eigenmitteln der Gemeinde sowie Kreditaufnahmen über die Hausbank unterschiedliche Fördermittel beantragt und bewilligt. Der Großteil der Förderung resultiert aus dem Programm Demonstrationsvorhaben der KfW, ergänzt um das Programm Erneuerbare Energien (KfW) für den Fernwärmeausbau. Daneben wurden Teilbereiche des Projekts wie Seismik, Fündigkeitsversicherung sowie Pumptest gefördert.

Eine besondere Herausforderung stellt die fristgerechte Beantragung, die Verwaltung der Fördermittel hinsichtlich der Koordination und Inanspruchnahme einzelner Abrufe und damit verbunden die fristgerechte Verausgabung der Mittel entsprechend des jeweiligen Zuwendungszweckes dar.

Dies erforderte innerhalb des Projektes eine enge Verzahnung von Liquiditätsplanung, Überwachung des Status der Leistungserbringung innerhalb der einzelnen Anlagen und Rechnungsprüfung, um den Zeitpunkt der Mittelverausgabung im Vorfeld möglichst präzise festlegen zu können.

Um den Nachweis führen zu können, dass alle gewährten Mittel fristgerecht ihrer jeweiligen Bestimmung zugeführt worden sind, wurden im Projekt Unterhaching bislang aus über 4.500 Buchungssätzen ca. 900 Belege mit förderfähigen Kosten herausgefiltert und den einzelnen Förderprogrammen sowie Zuwendungszwecken zugeordnet.

Die zeitlichen Ressourcen, welche alleine mit der Erstellung der Verwendungsnachweise, der jeweiligen Koordination mit den Fördermittelgebern und der internen Finanzierungsplanung gebunden werden, sollten nicht unterschätzt werden. Durch die Realisierung des Projektes in Unterhaching wurde gezeigt, wie wichtig das Zusammenspiel von Wärme- und Stromerzeugung ist. Der KWK-Gedanke findet sich auch in dem in Merseburg vom Kabinett verabschiedeten integriertem Energie- und Klimaprogramm (IEKP) wieder. Hieraus resultierten neue Regelungen zur Förderung ab 2009 in EEWärmeG, KWKModG und ergänzend im Marktanreizprogramm der KfW. Hierbei werden Geothermiebohrungen insbesondere durch Tilgungszuschüsse gefördert. Weiterhin wird auch der Aufbau von Nahwärmenetzen erfreulich deutlich gefördert.

Selbst die europäische Kommission hat in ihren Förderprogrammen die Geothermie berücksichtigt. Im aktuellen Forschungsrahmenprogramm sowie im Programm „Erneuerbare Energien Europa“ ist die Geothermie als eine der Erneuerbaren Energien Schwerpunkt von zahlreichen wissenschaftlichen und technischen Studien. Länderübergreifende Projekte werden angestoßen und die Geothermie auch in weiteren Ländern innerhalb der EU voranbringen. Auch das Haus Rödl & Partner engagiert sich hier in einem geförderten Projekt Namens „GEOFAR“ welches sich mit den „nichttechnischen“ Herausforderungen von Geothermieprojekten befasst.

Setzt man den Aufwand für Beantragung und Verwaltung in Relation zum möglichen Beitrag zur Finanzierung, bleibt festzuhalten, dass die avisierten Fördermittel noch nie so hoch waren. Derzeit sind, betrachtet man den Markt weltweit, die Investitionsrahmenbedingungen für hydrothermale Niedrigenthalpieprojekte in Deutschland am besten. Ziel der Politik ist aktuell, dass mittelfristig alle Projekte in Deutschland und ggfs. sogar Europa auf Fördermittel als Finanzierungsbaustein zurückgreifen können.

## 2.10 Das neue EEG und seine Auswirkungen auf das Geothermieprojekt in Unterhaching

Seit dem Beschluss des integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) im August 2007 ist die Klima- und Umweltpolitik der Bundesregierung in aller Munde. Die Konzipierung des IEKP erfolgt jedoch nicht ausschließlich im Interesse des Klima- und Umweltschutzes, der Schonung fossiler Ressourcen und der nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung. In Anbetracht der Entwicklungen auf dem internationalen Energiemarkt hat die neue Energiegesetzgebung auch das politisch intendierte Ziel, die Abhängigkeit von Energieimporten zu mindern.



Abbildung 19: Fernwärmennetzanschluss bei der Kalina-Anlage

Von maßgeblicher Bedeutung für das Geothermieprojekt in Unterhaching ist das zum 1. Januar 2009 in Kraft getretene novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), mit dessen Hilfe der Anteil der erneuerbaren Energien an der Gesamtstromerzeugung von derzeit etwa 14 Prozent bis zum Jahre 2020 auf 30 Prozent angehoben werden soll.

Mit Inkrafttreten des EEG hat sich die Systematik der Vorgängerregelung vom 21. Juli 2004 (EEG 2004) zwar nicht wesentlich geändert, dennoch werden Geothermieanlagenbetreiber mit einigen gesetzlichen Neuregelungen konfrontiert. Aus Sicht der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG sind besonders das neue Einspeisemanagement i.S.d. §§ 11, 12 EEG, die Möglichkeit zur Direktvermarktung des EE-Stroms außerhalb des EEG-Wälzungsmechanismus und die neuen Vergütungssätze und Boni für Strom aus Geothermie als positive Folgen der Gesetzesnovelle hervorzuheben.

Im neuen EEG fehlt es einer § 4 Abs. 3 Satz 2 EEG 2004 vergleichbaren Regelung, wonach die Verpflichtung zur vorrangigen Abnahme von EE-Strom nur dann besteht, wenn das Netz nicht durch Strom aus zeitlich vor diesen Anlagen angeschlossenen EE-Anlagen vollständig ausgelastet ist. Laut Gesetzesbegründung zu § 11 Abs. 1 EEG 2009 soll künftig im Rahmen der Kapazitätszuweisung im Falle eines durch EE-Strom ausgelasteten Netzes nicht mehr auf den Zeitpunkt des Anschlusses der Anlagen abgestellt werden. Ziel des durch § 11 EEG neu eingeführten Einspeisemanagements soll es vielmehr sein, zuerst diejenigen Erzeugungseinheiten abzuschalten bzw. zu drosseln, die den stärksten Effekt auf die Sicherstellung der (n-1)-Sicherheit erwarten lassen. Mussten Betreiber leistungsstarker Geothermieanlagen mit Kraft-Wärmekopplung bisher mit der Ungewissheit leben, dass der zur Abnahme des in der Anlage erzeugten Stroms verpflichtete Netzbetreiber die Anlage im Engpassfall vom Netz nimmt oder die Einspeisung drosselt, was mit hohen Ausfällen hinsichtlich der Einspeisevergütung hätte verbunden sein können, wurde durch die §§ 11, 12 EEG eine gewisse Rechtssicherheit geschaffen. Sollte es nämlich in einem Engpassfall im Rahmen des Einspeisemanagements zu einer Reduzierung des zur Einspeisung bestimmten Stroms kommen, können die entgangenen Vergütungen über die Härtefallregelung des § 12 EEG 2009 ausgeglichen werden. Seit Inkrafttreten des EEG 2009 kann ein Engpassfall keinerlei finanzielle Nachteile auf Seiten der Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG nach sich ziehen.

Aufgrund der steigenden Strompreise könnte es sich mittel- bis langfristig als lukrativ erweisen, den in der Geothermieanlage erzeugten Strom nicht gegen Zahlung der Einspeisevergütung nach § 28 EEG in das Netz der allgemeinen Versorgung einzuspeisen, sondern den EE-Strom – vollständig oder anteilig – selbst oder unter Zuhilfenahme eines Händlers auf dem OTC-Markt oder der Börse zu vermarkten. Diese sogenannte Direktvermarktung i.S.d. § 17 EEG 2009 erfolgte außerhalb des Wälzungsmechanismus, hätte aber nicht zur Folge, dass die Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG aus dem Vergütungsmechanismus des EEG gänzlich herausfällt. Der direktvermarktende Anlagenbetreiber hat die Möglichkeit, den Anspruch auf Einspeisevergütung gegen den Netzbetreiber zum, der Direktvermarktung folgenden Kalendermonat, wieder aufleben zu lassen. Es ist jedoch zu beachten, dass der Vergütungszeitraum von 20 Kalenderjahren durch die zeitweise Eigenvermarktung nicht unterbrochen wird.

Bezüglich der Neuregelung der Einspeisevergütung zählt die Geothermie zu den klaren Gewinnern der EEG-Novelle. Im Vergleich zur bis zum 31. Dezember 2008 geltenden Einspeisevergütung für Strom aus Geothermie nach § 9 EEG 2004 wird die Vergütung für Strom aus geothermischen Anlagen, die nach dem 1. Januar 2009 in Betrieb genommen werden, deutlich attraktiver gestaltet. Aufgrund der mit der energetischen Nutzung von Geothermie verbundenen hohen Investitionen verfolgt der Gesetzgeber mit dem neuen § 28 EEG 2009 das Ziel, verlässliche gesetzliche Rahmenbedingungen für Investoren zu schaffen.

Grundvergütung			
Leistungsanteil	EEG 2009	EEG-Entwurf vom 05.12.2007	EEG-Erfahrungsbericht vom 07.11.2007
bis 5 MWel	16,00 Ct/kWh	16,00 Ct/kWh	16,00 Ct/kWh
bis 10 MWel	16,00 Ct/kWh	16,00 Ct/kWh	16,00 Ct/kWh
bis 20 MWel	10,50 Ct/kWh	10,50 Ct/kWh	10,50 Ct/kWh
ab 20 MWel	10,50 Ct/kWh	10,50 Ct/kWh	8,95 Ct/kWh
			7,16 Ct/kWh

Wärmenutzungsbonus			
EEG 2009	EEG-Entwurf vom 05.12.2007	EEG Erfahrungsbericht vom 07.11.2007	EEG 2004
Anlagen bis 10 MWel	Anlagen bis 10 MWel		
3,00 Ct/kWh	2,00 Ct/kWh	2,00 Ct/kWh	-

Technologiebonus			
EEG 2009	EEG-Entwurf vom 05.12.2007	EEG Erfahrungsbericht vom 07.11.2007	EEG 2004
Anlagen bis 10 MWel mit petrothermaler Technik	Anlagen bis 10 MWel mit petrothermaler Technik	für nicht hydrothermale Techniken	
4,00 Ct/kWh	2,00 Ct/kWh	2,00 Ct/kWh	-

Frühstarterbonus			
EEG 2009	EEG-Entwurf vom 05.12.2007	EEG Erfahrungsbericht vom 07.11.2007	EEG 2004
Anlagen, die vor dem 1. Januar 2016 in Betrieb genommen werden			
4,00 Ct/kWh	-	-	-

Abbildung 20: EEG-Vergütung

Anders als noch nach § 9 EEG 2004, welcher ausschließlich eine Art Grundvergütung für Strom aus Geothermie vorsieht, kann die Grundvergütung gemäß § 28 EEG 2009 je nach Anlagenkonstellation ergänzt werden um einen Wärmenutzungs-, Technologie- und Frühstarterbonus.

Da das geothermische Kraftwerk in Unterhaching zur Wasserförderung keine petrothermalen Techniken einsetzt, spielen zusätzlich zur Grundvergütung nur Frühstarter- und Wärmenutzungsbonus eine Rolle. Während die Gewährung des Frühstarterbonus unstrittig ist, sind mit der Geltendmachung des Wärmenutzungsbonus – zumindest derzeit – noch einigen Unklarheiten verbunden. Diese röhren daher, dass die vom Wortlaut her sehr allgemein gefasste Anlage 4 zum EEG, welche die Anspruchsvoraussetzungen und -nachweise des Wärmenutzungsbonus regelt, auf unterschiedliche Art und Weise ausgelegt werden kann.

## 2.11 Berg- und Wasserrecht

Anträge, Anträge, Anträge – ebenso wie für die Verträge bedurfte es auch für die erforderlichen behördlichen Genehmigungen einer Menge Papier. Den Auftakt bildete der „Antrag auf Erteilung einer Erlaubnis nach § 7 Bundesberggesetz (BBG) zur Aufsuchung bergfreier Bodenschätze zu gewerblichen Zwecken für das Feld ‚Erdwärme Unterhaching‘“, dem mit Bescheid des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Technologie entsprochen wurde. Mit dieser bergrechtlichen Erlaubnis in der Tasche konnte das Projekt „Geothermie Unterhaching“ durchstarten, denn danach durfte gebohrt werden. Nebenbei sei bemerkt, dass eine solche Erlaubnis nicht ohne weiteres umsonst zu haben ist, weshalb das Bergamt Südbayern für jedes einzelne Jahr jeweils einen Feldesabgabebescheid erlassen hat, in dem festgelegt wurde, dass keine Feldesabgabe zu entrichten ist. Viel Papier für nichts – aber die Förmlichkeiten müssen eben eingehalten werden.

Die bergrechtliche Erlaubnis gestattet – kurz gesagt – das Suchen und Finden des Bodenschatzes „Erdwärme“. Doch die Erlaubnis allein genügt nicht. Hinzu kommen eine beschränkte wasserrechtliche Erlaubnis, der Hauptbetriebsplan sowie diverse Sonderbetriebspläne. Also viel Papier – und eine Menge Arbeit. Um die Erdwärme dann tatsächlich dauerhaft fördern und auch nutzen zu dürfen, bedarf es einer weiteren Genehmigung: der bergrechtlichen Bewilligung. Diese wurde der Geothermie Unterhaching Anfang des Jahres 2008 für die Dauer von 50 Jahren erteilt. Damit darf sich allein die Geothermie Unterhaching im Bereich ihres Bewilligungsfeldes die Erdwärme zu Nutze machen. Bergrechtlich also alles im grünen Bereich.

Wenn da nicht noch in Bayern das Wasserrecht wäre. Dieses bleibt nämlich nach dem BBG „unberührt“. Während das Bergrecht fordert, dass die maximal mögliche Energiemenge abgebaut werden soll, muss laut Wasserrecht der Eingriff in den Wasserhaushalt minimal sein. Die bergrechtliche Bewilligung betrifft nur die Gewinnung der Erdwärme selbst, nicht aber des Thermalwassers als Trägermedium. Da es sich in Bayern bei dem Thermalwasser fast um Trinkwasser handelt, ist nach aktueller Gesetzeslage neben der bergrechtlichen Bewilligung auch eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich. Unterschiede zwischen beiden Genehmigungen bestehen zum einen darin, dass auf die bergrechtliche Bewilligung ein Anspruch besteht, die wasserrechtliche Erlaubnis hingegen im Ermessen der Behörde liegt. Außerdem wird im Bergrecht bei mehreren konkurrierenden Anträgen dem qualitativ besseren der Vorrang eingeräumt, wohingegen im Wasserrecht der Prioritätsgrundsatz gilt. Nach der von den zuständigen Behörden vertretenen Ansicht sind im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis die hydraulischen Auswirkungen, bei der bergrechtlichen Bewilligung hingegen nur die thermischen Auswirkungen zu berücksichtigen. Diese Aufteilung kann zur Folge haben, dass durch eine Beschränkung der Schüttung in der wasserrechtlichen Erlaubnis der Umfang der Nutzung der Erdwärme gegenüber der bergrechtlichen Bewilligung eingeschränkt wird. Dies ist deshalb misslich, weil eine beschränkte Schüttmenge die Wirtschaftlichkeit eines Geothermieprojektes erheblich beeinträchtigen kann.



Abbildung 21: Bergrecht, Geothermie und Wasserrecht

Wo das BBergG die Geothermie zumindest kurz erwähnt, findet sich im Wasserrecht keinerlei Regelung, die speziell auf die Geothermie zugeschnitten ist. Es liegt daher in der Verantwortung der Wasserbehörden – die zwar nicht für die Erteilung der wasserrechtlichen Erlaubnis zuständig sind, hierzu aber ihr Einvernehmen erteilen müssen – im Rahmen der wasserrechtlichen Beurteilung die Eigentümlichkeit bei der Nutzung der Erdwärme angemessen zu berücksichtigen und auf diese Weise eine sinnvolle Erdwärmenutzung zu gewährleisten.

Wie in vielen anderen Bereichen kommt der Geothermie Unterhaching auch hier die Rolle eines Pilotprojektes zu. Bisher haben sich die bayerischen Wasserbehörden noch nicht mit der Frage der Auswirkungen von Geothermieprojekten, insbesondere einer etwaigen Beeinflussung zwischen benachbarten Projekten, befassen müssen. In wasserrechtlicher Hinsicht wird hier Neuland betreten. Denn nun ist es erstmals der Fall, dass mehrere benachbarte Geothermieprojekte in Bayern in näherer Zukunft in das Betriebsstadium gelangen bzw. bereits gelangt sind und erst dadurch wirklich deutlich wird, welche Problematik das Zusammenspiel von Berg- und Wasserrecht birgt.

Die Geothermie Unterhaching ist zuversichtlich, dass die Wasserbehörden bei der Entscheidung über die wasserrechtliche Erlaubnis von ihrem Ermessen in einer Weise Gebrauch machen, die die Besonderheiten der Geothermie im Blick hat. Auch in diesem Thema hat das Projekt in Unterhaching einmal mehr für die Marktentwicklung der Geothermie bedeutenden Pilotcharakter.

### 2.12 Wie sieht die Zukunft aus?

Eines ist bereits jetzt sicher: Aufgrund der Wärmepreise sowie der hinterlegten Preisgleitklausel werden die Wärmeabnehmer in Unterhaching mittelfristig und dauerhaft eine erhebliche Einsparung im Vergleich zur fossilen Wärmebereitstellung haben.

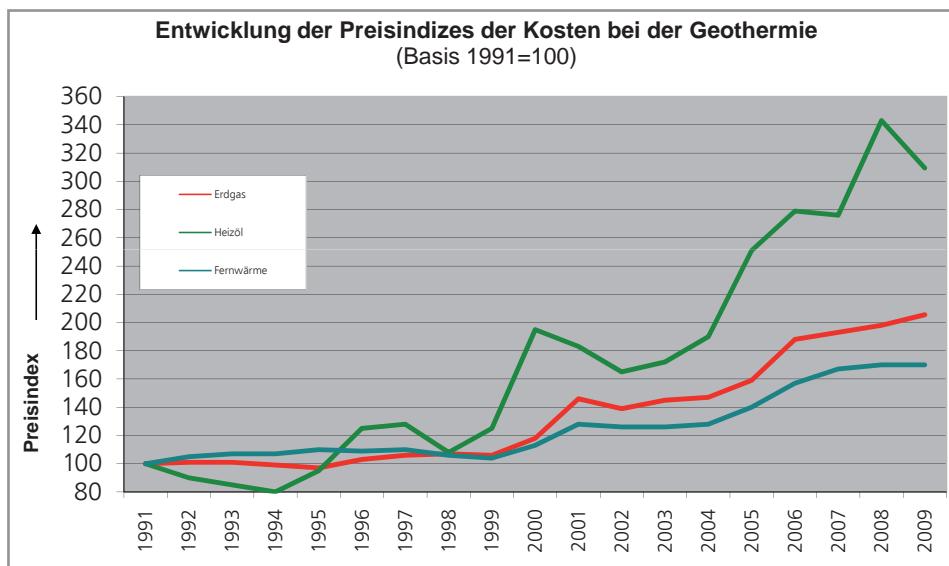


Abbildung 22: Entwicklung ausgewählter Preisindizes<sup>4</sup>

Die Verdichtung und der Ausbau des Fernwärmennetzes wird in den Folgejahren eine ständige Aufgabenstellung bleiben. Die mittel- und langfristige Zielmarge ist ein Anschlusswert von über 70 MW thermischer Leistung.

Sicherlich wird die Geothermie Unterhaching auch weiterhin bemüht sein, Abnehmer für niedere Temperaturniveaus oder zur Kältebereitstellung zu finden bzw. anzusiedeln. Ideen und Möglichkeiten hierzu bestehen bereits heute, wie z. B. die Versorgung eines Pflanzenmarktes oder der Rasenheizung des Fussballstadions aus dem Fernwärme-Rücklauf. Aktuell gibt es bereits Interessenten für Gewächshausbeheizung und industrielle Wärmenutzung.

Denkbar und keineswegs abwegig ist auch die Verknüpfung des Geothermieprojektes Unterhaching mit anderen Kommunen und Projekten. Dies muss nicht die Eigenständigkeit des Projektes Unterhaching beeinträchtigen. Es können z. B. gegenseitige Redundanzen bei der Thermalwasserbereitstellung geschaffen werden. Eine Erweiterung der Stromerzeugungsanlage in Unterhaching ist wirtschaftlich betrachtet sinnvoller, als wenige Kilometer nebenan eine neue Anlage zu errichten. Die Wärmeversorgung über die gemeindlichen Grenzen hinaus in Kooperation mit Nachbarkommunen stellt ebenfalls eine spannende und wirtschaftlich sinnvolle Option dar.

Ob dies so kommen wird oder welche dieser interessanten Möglichkeiten umgesetzt werden kann und wird, ist zum heutigen Zeitpunkt völlig offen und ungewiss. Unterhaching aber hat mit der sehr mutigen Entscheidung für dieses Projekt das Tor für eine starke infrastrukturelle und wirtschaftliche Entwicklung der Gesamtgemeinde weit aufgestoßen. Wir sind stolz darauf, die Gemeinde auf diesem Weg unterstützt und beraten zu haben.

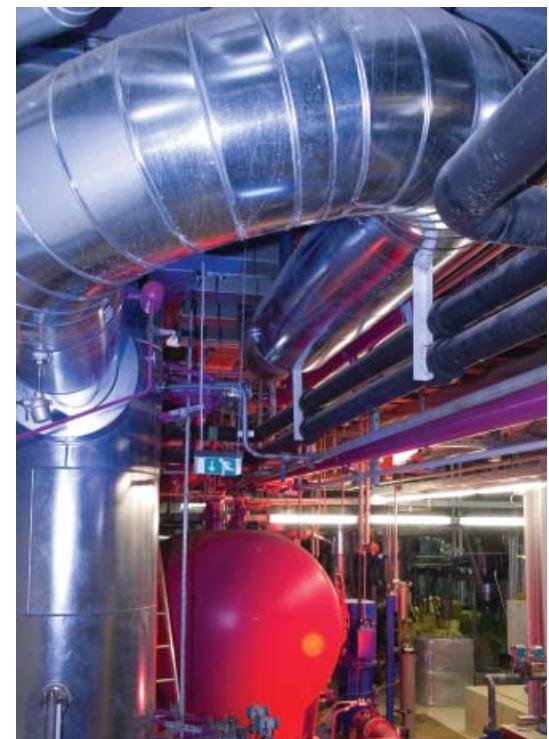


Abbildung 23: Rohre in der Kalina-Anlage

### 3 Leistungen Rödl & Partner

Die Realisierung eines Geothermieprojektes ist eine komplexe Aufgabenstellung mit vielfältigen Anforderungen. Am Anfang steht eine Idee, die in Form der Machbarkeitsstudie konkretisiert wird. Bei positiver Einschätzung werden die nächsten Schritte, beginnend mit der Bestimmung des optimalen Aufgabenträgers (Gemeinde, Explorationsgesellschaft, Stadtwerke u. a.) sowie der Klärung der genehmigungsrechtlichen Situation durchgeführt.

Aufbauend auf der technischen und wirtschaftlichen Planung erfolgen die Verhandlungen mit Kapitalgebern sowie die Beauftragung von Geologen, Bohrunternehmen, Ingenieurbüros, Baufirmen, Fernwärme- und Stromversorgungsunternehmen zur Umsetzung des Projektes.

Es ist wichtig, dass Sie hierbei einen verlässlichen Partner an Ihrer Seite haben, der dasselbe Ziel hat wie Sie: **Ein wirtschaftlich erfolgreiches Geothermieprojekt!**

Rödl & Partner beschäftigt sich als größtes deutsches Beratungsunternehmen mit dem Schwerpunkt Geothermie seit zehn Jahren aktiv mit den Fragen der Entwicklung, Umsetzung und Finanzierung von Geothermieprojekten. Wir haben als Pionier maßgebliche Meilensteine für die gesamte Branche in den Bereichen Projekt- und Risikomanagement, Optimierung der Wirtschaftlichkeit und innovativem Vertragsmanagement gesetzt.

Mit unserem Kompetenz-Center Erneuerbare Energien verfolgen wir eine spezialisierte Beratung von Investoren, Finanzierungsinstituten und Projektentwicklern. Unsere Erfahrung basiert auf der erfolgreichen Umsetzung von mehr als 500 Beratungsprojekten im Bereich der Energiewirtschaft.

Die enge Zusammenarbeit der unterschiedlichen Berufsträger ermöglicht jederzeit Zugriff auf Spezialisten. Sämtliche Prüfungs- und Beratungsleistungen erbringen wir fachübergreifend aus einer Hand. Ein Ansprechpartner koordiniert Ihre Beratung und zieht bei Bedarf weitere Experten hinzu. Von unserem Stammhaus in Nürnberg sowie unserer Niederlassung in München aus beraten wir Sie gerne im Bereich Geothermie.

Unsere Leistungen im Einzelnen:

Managementberatung	
Projektkonzeption	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Erstellung von Machbarkeitsstudien und Erlaubnisfeldanträgen</li><li>&gt; Aufbau optimaler Projektablauf- und Organisationsstrukturen</li><li>&gt; Mitwirkung bei der Auswahl qualifizierter Projektbeteiligter</li></ul>
Controlling	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Rechnungsprüfung</li><li>&gt; Kostenkontrolle und -steuerung</li><li>&gt; Liquiditätsplanung</li></ul>
Finanzierungsberatung	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Unterstützung bei Eigen- und Fremdkapitalbeschaffung</li><li>&gt; Projektfinanzierung</li><li>&gt; Financial Due Diligence</li><li>&gt; Fördermittelberatung und -beschaffung</li><li>&gt; Erstellung Fördermittelanträge</li></ul>
Preisgestaltung	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Kalkulation von Wärmepreisen und Entwicklung von Preisgleitklauseln gemäß AVBFernwärmeV</li><li>&gt; Preiskalkulation</li></ul>

Erstellung von Wirtschaftlichkeitsrechnungen und Financial Models	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Aufstellung jährlicher Gewinn- und Verlustrechnungen, Bilanzen und Cash Flows</li> <li>&gt; Abschätzung und Einbeziehung von Risikobudgets und Versicherungskosten</li> <li>&gt; Sensitivitätsanalysen</li> <li>&gt; Darstellung möglicher Renditen und Gestehungskosten</li> <li>&gt; Kontinuierliche, wirtschaftliche Bewertung technischer Sachverhalte</li> <li>&gt; Commercial Due Diligence</li> </ul>
Steuerberatung	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Laufende Steuerberatung</li> <li>&gt; Steuergestaltung</li> </ul>
Rechtsberatung	
Rechts- und Organisationsformen	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Optimale Rechtsform</li> <li>&gt; Darstellung von Kooperationsmodellen (u. a. PPP)</li> <li>&gt; Beratung bei Gesellschaftsgründungen</li> </ul>
Bohrverträge	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Auswahl der optimalen Vertragsform</li> <li>&gt; Abstimmung mit jeweiligem Versicherungskonzept</li> <li>&gt; Optimierung der Risikoverteilung</li> <li>&gt; Unterstützung bei Vertragsverhandlungen</li> <li>&gt; Vertragsgestaltungen vom Einzelbauvertrag bis zum Generalübernehmermodell</li> </ul>
Risikomanagement/ Versicherungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Implementierung von Risikomanagementsystemen</li> <li>&gt; Erarbeitung des optimalen Versicherungskonzepts und -umfangs</li> <li>&gt; Definition der zu versichernden Parameter aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten</li> <li>&gt; Begleitung der Verhandlungen mit Versicherungsunternehmen bzw. -maklern</li> <li>&gt; Legal Due Diligence</li> </ul>
Betriebsführungsverträge	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Vertrags- und Entgeltgestaltung</li> <li>&gt; Begleitung der Vertragsverhandlungen</li> </ul>
Energiewirtschaftsrecht/ Energielieferverträge	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Gestaltung von Netzeinspeise- und Netzanschlussverträgen</li> <li>&gt; Erstellung von ergänzenden Bedingungen (AVBFernwärmeV)</li> <li>&gt; Gestaltung von Wärmelieferverträgen und Preismodellen</li> <li>&gt; Umsetzung von Contracting-Modellen</li> </ul>
Unterstützung bei Genehmigungsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Anwaltliche Prüfung von Genehmigungsunterlagen und Bescheiden</li> <li>&gt; Behördenmanagement</li> </ul>
Ausschreibungsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Prüfung und Auswahl des Vergabeverfahrens</li> <li>&gt; Erstellung der Ausschreibungs- und Verdingungsunterlagen</li> <li>&gt; Auswertung der Ausschreibungsergebnisse</li> <li>&gt; Begleitung der Vergabegespräche oder -verhandlungen</li> <li>&gt; Verfahrensbegleitung vor der Vergabekammer und Bearbeitung von Verfahrensrügen</li> </ul>

## 4 Ihre Ansprechpartner



**Anton Berger**

Diplom-Ökonom, Dipl.-Betriebswirt (FH)  
Partner

Tel.: +49 (9 11) 91 93-36 01  
E-Mail: anton.berger@roedl.de



**Benjamin Richter**

Diplom-Betriebswirt (FH)  
Projektleiter

Tel.: +49 (89) 66 08 59-60  
E-Mail: benjamin.richter@roedl.de



**Kai Imolauer**

Diplom-Wirtschaftsingenieur  
Versorgungstechnik (FH)  
Teamleiter

Tel.: +49 (9 11) 91 93-36 06  
E-Mail: kai.imolauer@roedl.de



**Tanja Nein**

Rechtsanwältin  
Fachanwältin für Bau- und  
Architektenrecht

Tel.: +49 (9 11) 91 93-35 50  
E-Mail: tanja.nein@roedl.de



**Maria Ueltzen**

Europäische Dipl.-Verwaltungs-  
managerin (FH)

Tel.: +49 (9 11) 91 93-36 14  
E-Mail: maria.ueltzen@roedl.de



**Dr. Marc Heckelmann**

Wirtschaftsjurist

Tel.: +49 (9 11) 91 93-35 58  
E-Mail: marc.heckelmann@roedl.de



Rödl & Partner GbR

Wirtschaftsprüfer

Steuerberater

Rechtsanwälte

Unternehmensberater

Äußere Sulzbacher Str. 100  
90491 Nürnberg

Tel. +49 (9 11) 91 93-35 03  
Fax: +49 (9 11) 91 93-35 49

E-Mail: [pmc@roedl.de](mailto:pmc@roedl.de)  
Internet: [www.roedl.de](http://www.roedl.de)  
[www.geothermieprojekte.de](http://www.geothermieprojekte.de)