



Kraft und Wärme aus der Tiefe



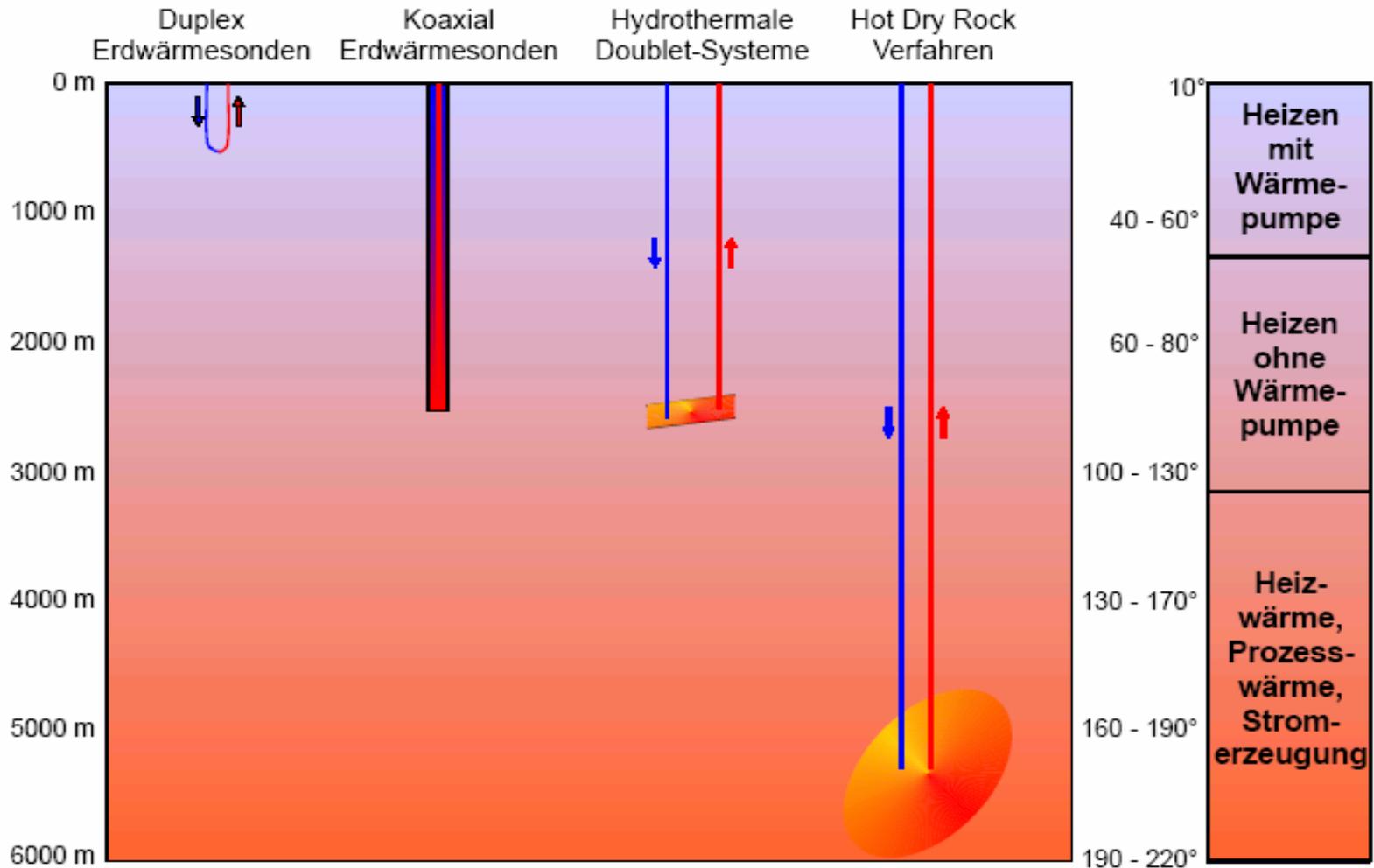
Geothermie Unterhaching

Dr. Erwin Knappek

Grundlagen

- **Umweltauswirkungen werden weltweit als immer bedrohlicher wahrgenommen.**
- **Reaktion: Reduktion energiebedingter Auswirkungen auf die Umwelt reduzieren. Das gilt für lokal und global wirksame Emissionen.**
- **Eine verstärkte Nutzung alternativer, insbesondere grundlastfähiger Energien gewinnt an Bedeutung.**
- **In Deutschland wurde seit ein paar Jahren den Optionen grundlastfähiger alternativer Energie (d. h. Biomasse, Geothermie), zunehmende Aufmerksamkeit zuteil.**
- **Die Geothermie erscheint vielversprechend, da Strom, Wärme und Kälte mit sehr hohen Volllaststunden nahezu frei von betriebsbedingten Umweltauswirkungen bereitgestellt werden können.**

Geothermal Systems



Projektziele in Unterhaching

- Beitrag zum Klimaschutz durch Nutzung der **Tiefengeothermie**
- Wirtschaftliche und umweltfreundliche Erzeugung von **Strom** mit der Option der **Wärmeauskopplung**
- CO₂-Einsparung um mind. 10500 bis 37000 t/a
(je nach Primärenergieart, Art der Stromerzeugung und Wärmenutzungsgrad)

Strom - und Wärmepotenzial

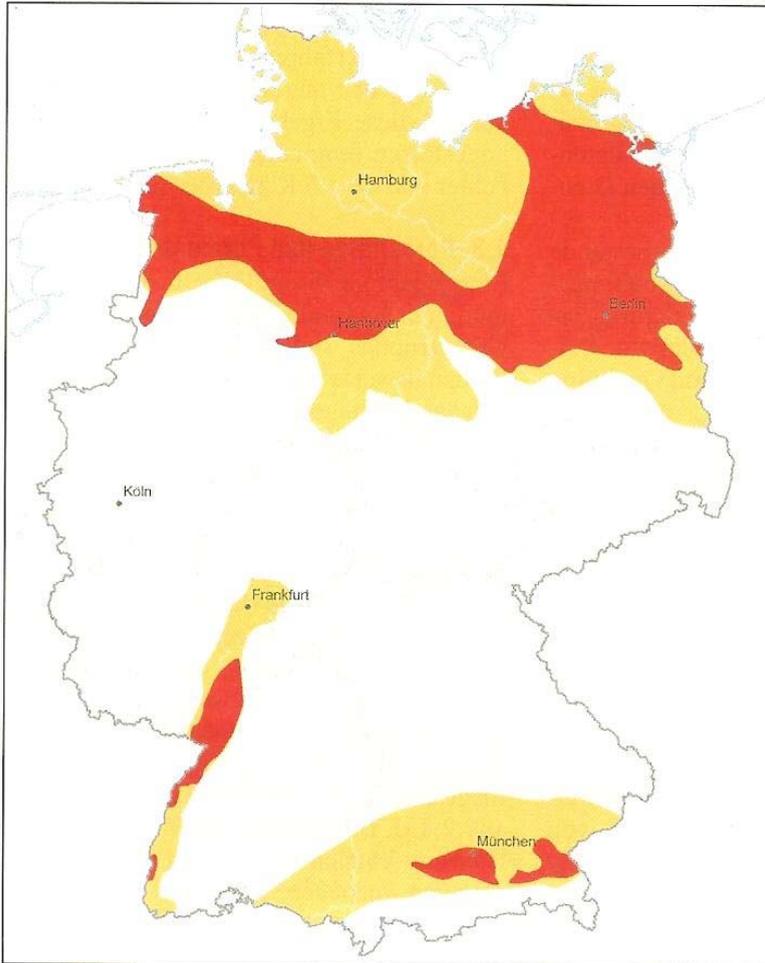


Abb. 1 Übersicht über Gebiete, die für hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind: Regionen mit Aquiferen, deren Temperatur über 100 °C (rot), bzw. über 60 °C (gelb) beträgt; 100 °C ist für eine Stromerzeugung, 60 °C für die direkte Wärmenutzung erforderlich

Quelle: GGA, Hannover

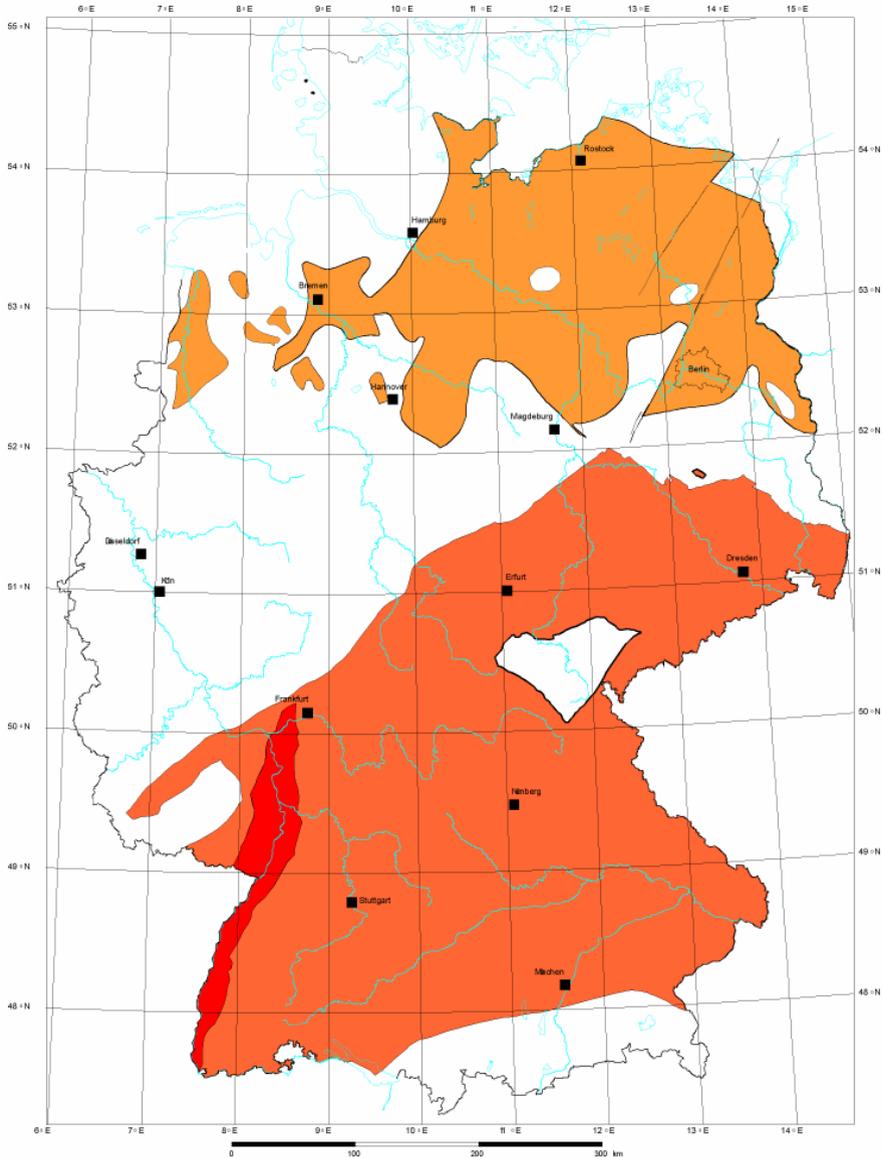
Aquifere

Norddeutsches Becken
Rotliegend Sandsteine

Ober rheingraben
Buntsandstein & Muschelkalk

Molasse Becken
Malmkarst

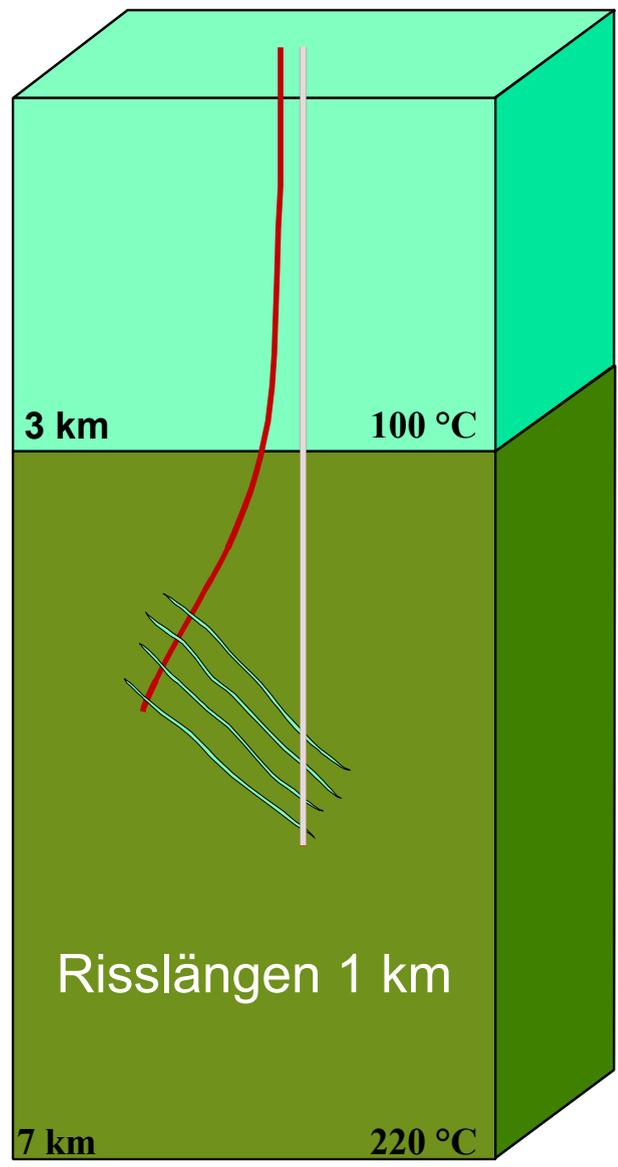
Strom-Potenzial



Kristallin

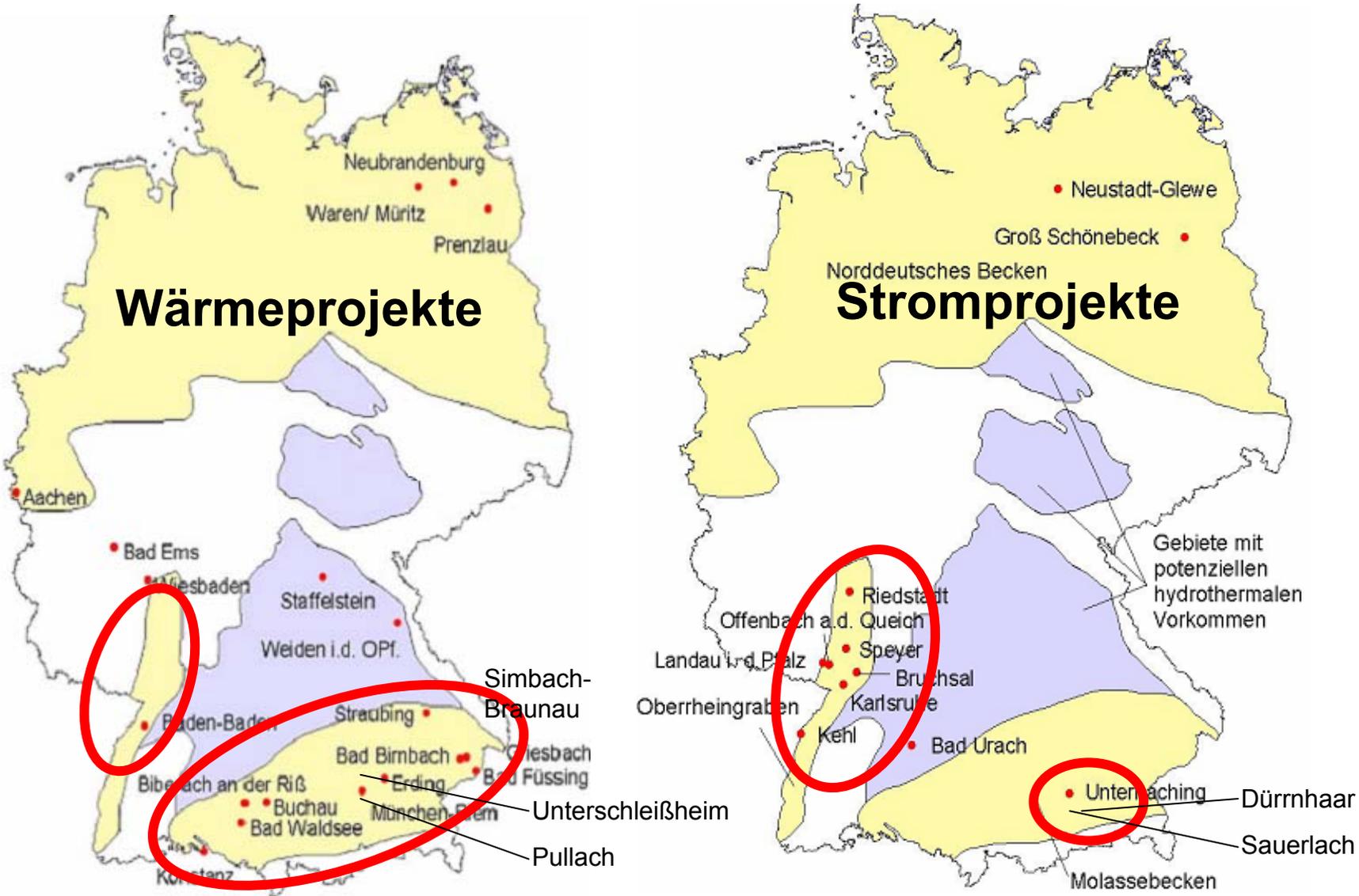
Verbreitung in 3000 m

- Verbreitung Granit in 3000m Tiefe (entsprechend 100°C)
- Verbreitung Granit im Oberrheingraben in 3000m Tiefe (entsprechend 130°C)
- Verbreitung der Rotliegendevulkanite mit Temperaturen größer 100°C



Wasserfrac-Technik

Regionale Verteilung von Projekten zur geothermischen Energieerzeugung



Aussichtsreichste Ressourcen

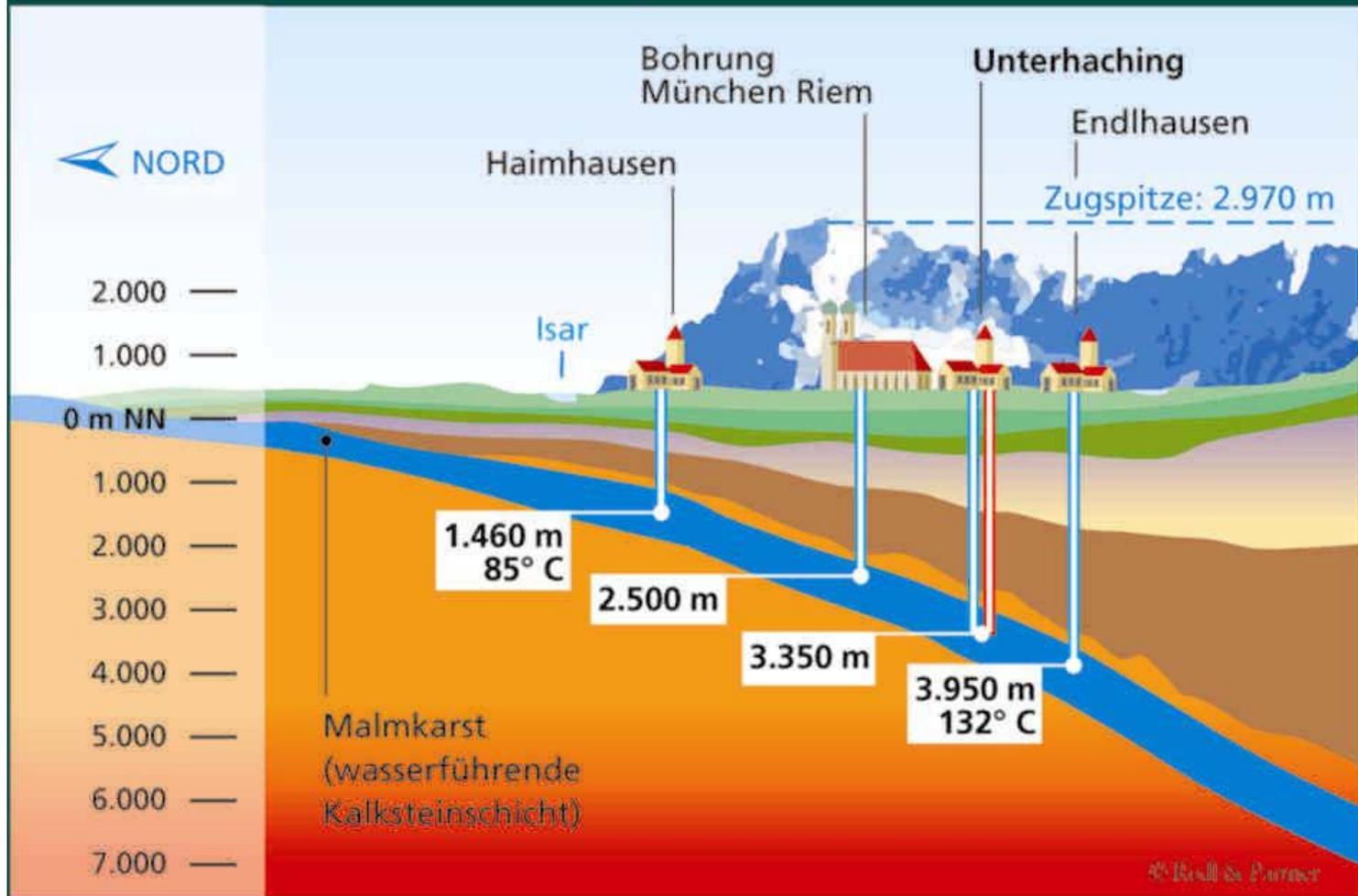
Region	Reservoir	Maximaler Volumenstrom [m ³ /h]	Elektrische Energie [EJ]	Installierb. Leistung [GW _{el}]	Produktion für 360 m ³ /h
Oberrhein graben	Kristallin	100	62	20	hoch
Oberrhein graben	Muschelkalk	300	0,2	0,07	mittel - hoch
Oberrhein graben	Buntsandstein	200	2	0,7	mittel
Süddeutsches Molassebecken	Malmkarst	> 300	0,5	0,2	hoch

Jahresstrombedarf: 2 EJ

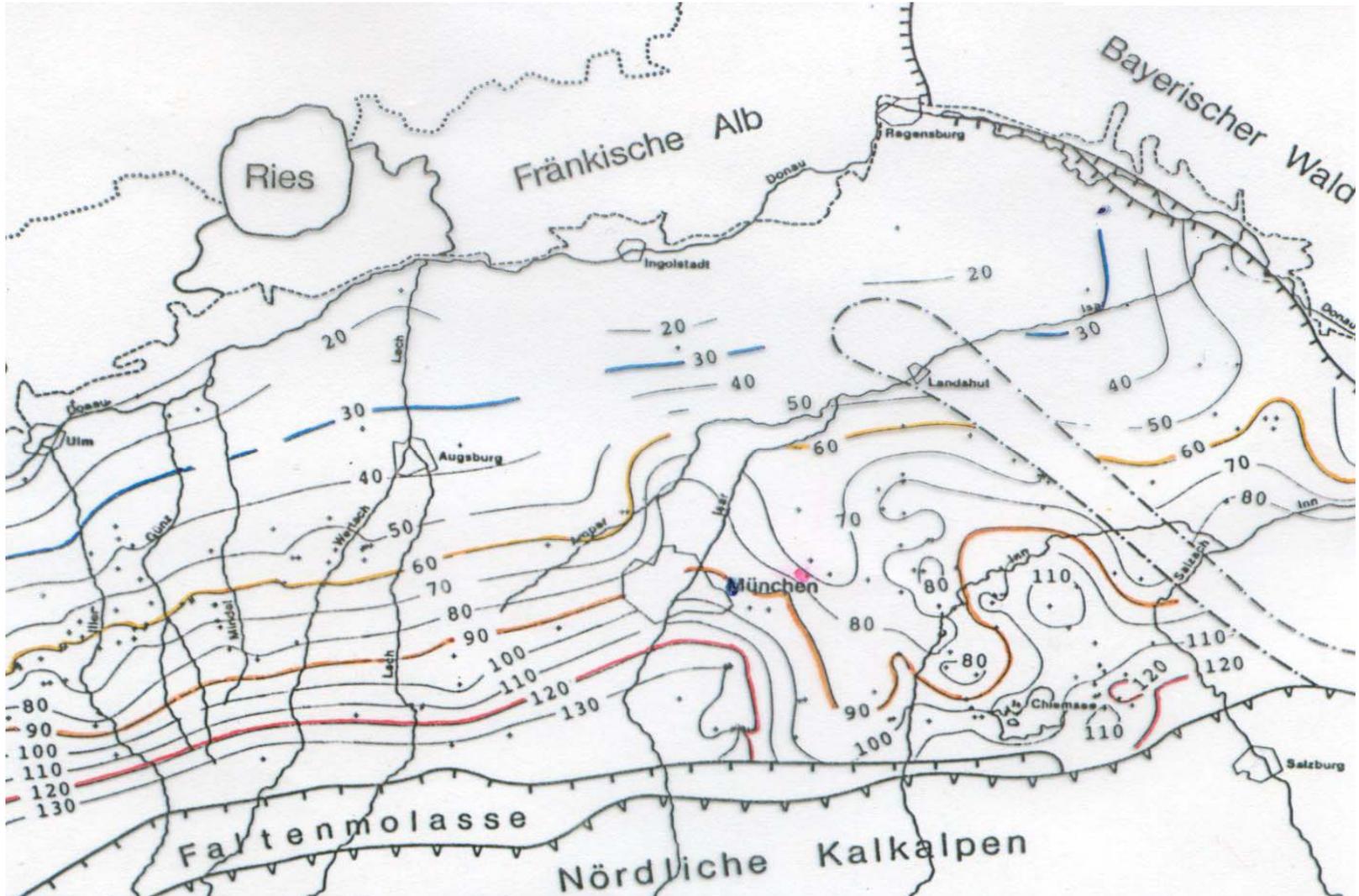
Hauptanforderungen

- **Erschließung von Thermalwasser mit bis zu 150 l/s bei ca. 115 ° C**
- **Errichtung eines geschlossenen Thermalwasserkreislaufs mit Hilfe des Doublettenprinzips (Förder- und Reinjektionsbohrung)**
- **Absicherung der Tiefbohrung gegen Nicht- und Teilfündigkeit**
- **Einsatz eines Verstromungsprozesses mit hohem Wirkungsgrad (Kalina-Cycle-Prozeß mit einer Nettoausgangsleistung >2 bis $3,7 \text{ Mw}_{el}$)**
- **Bereitstellung kostengünstiger Wärme für eine Fernwärmenutzung für Gebäude (bis zu 38 MW)**
- **Wirtschaftlicher Betrieb der Gesamtanlage unter Berücksichtigung umweltrelevanter Aspekte**

Nord-Süd-Schnitt durch das Voralpenland



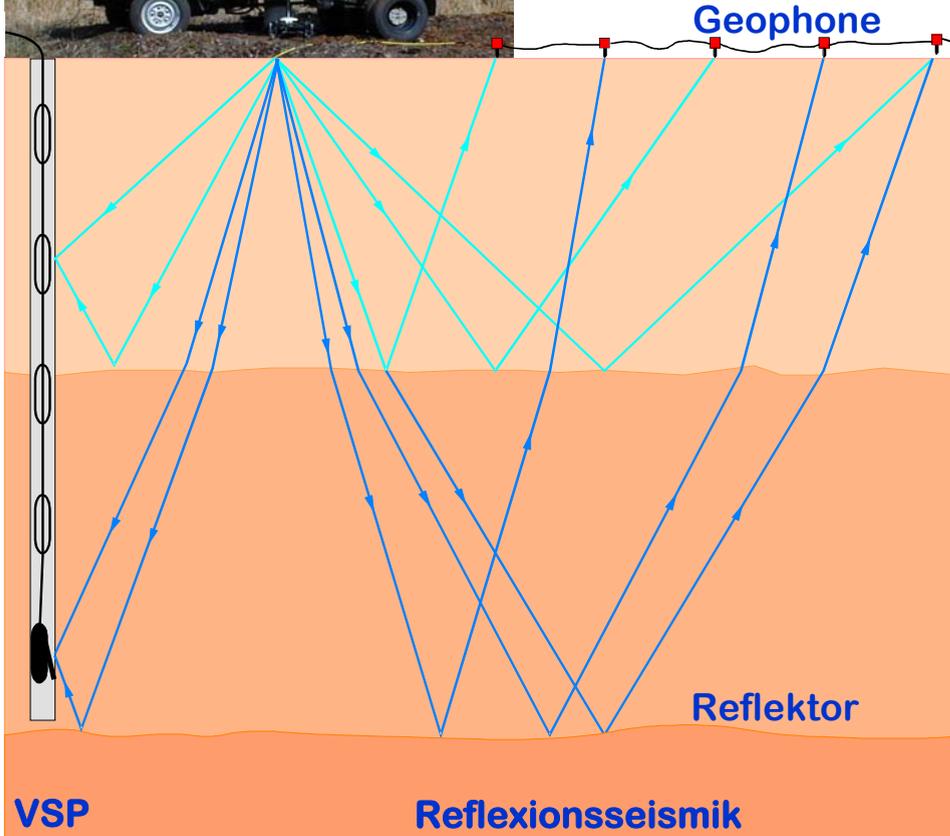
Temperaturen an der Malmoberkante



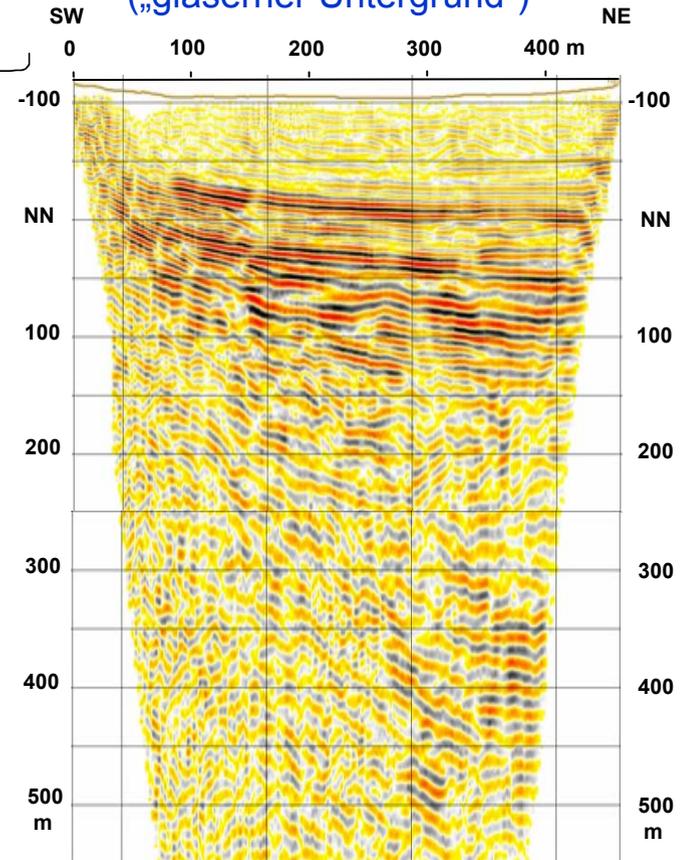
Reflexionsseismik



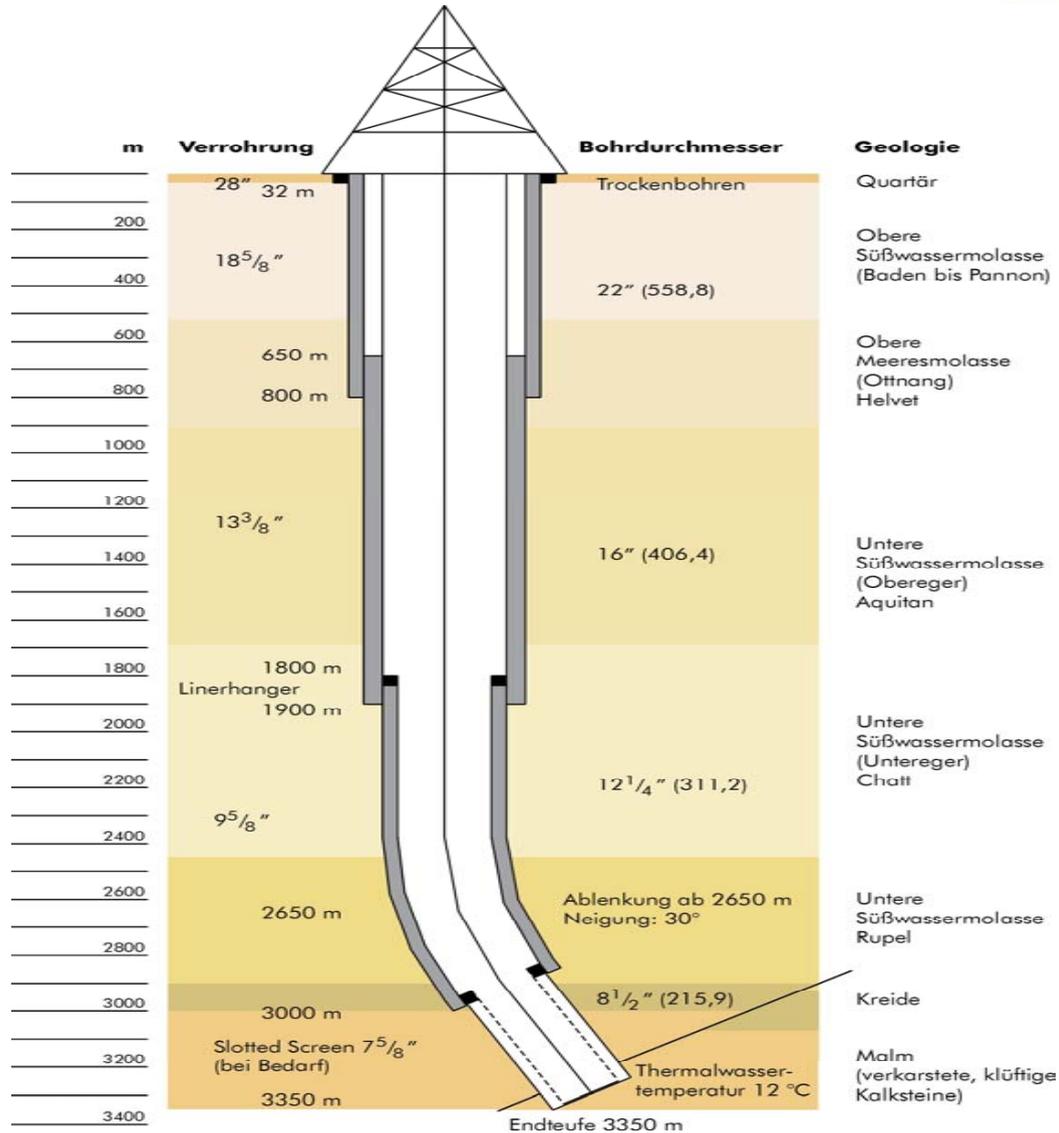
Prinzip



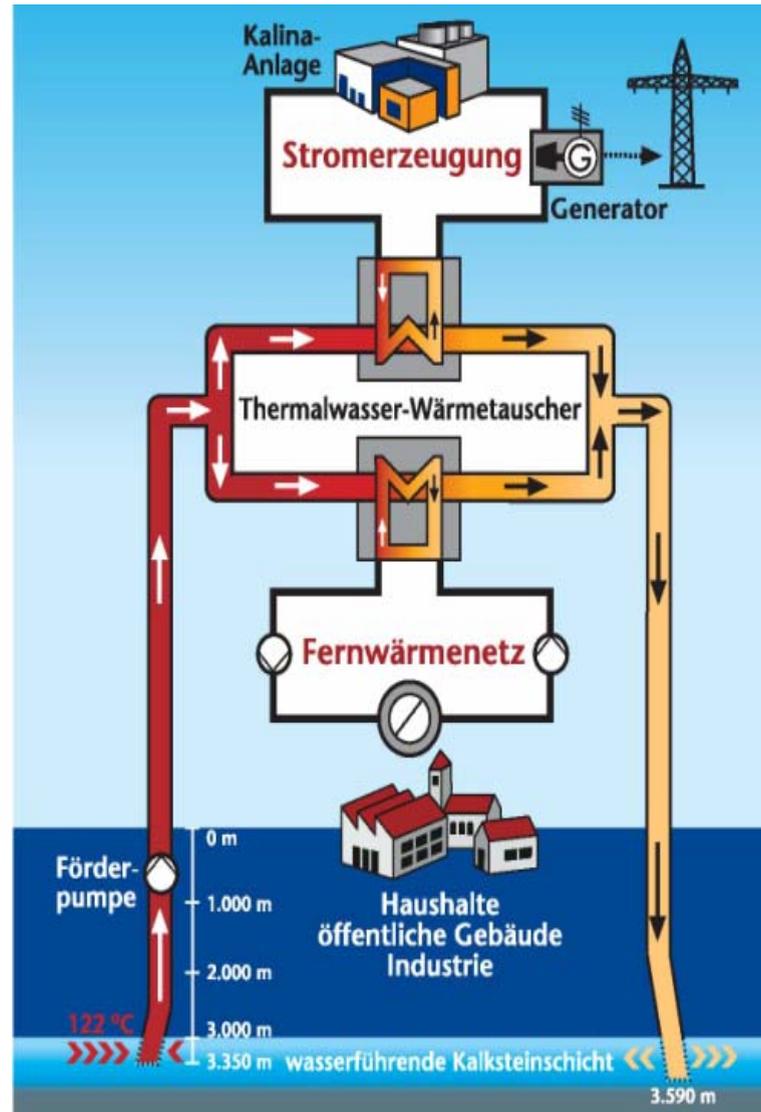
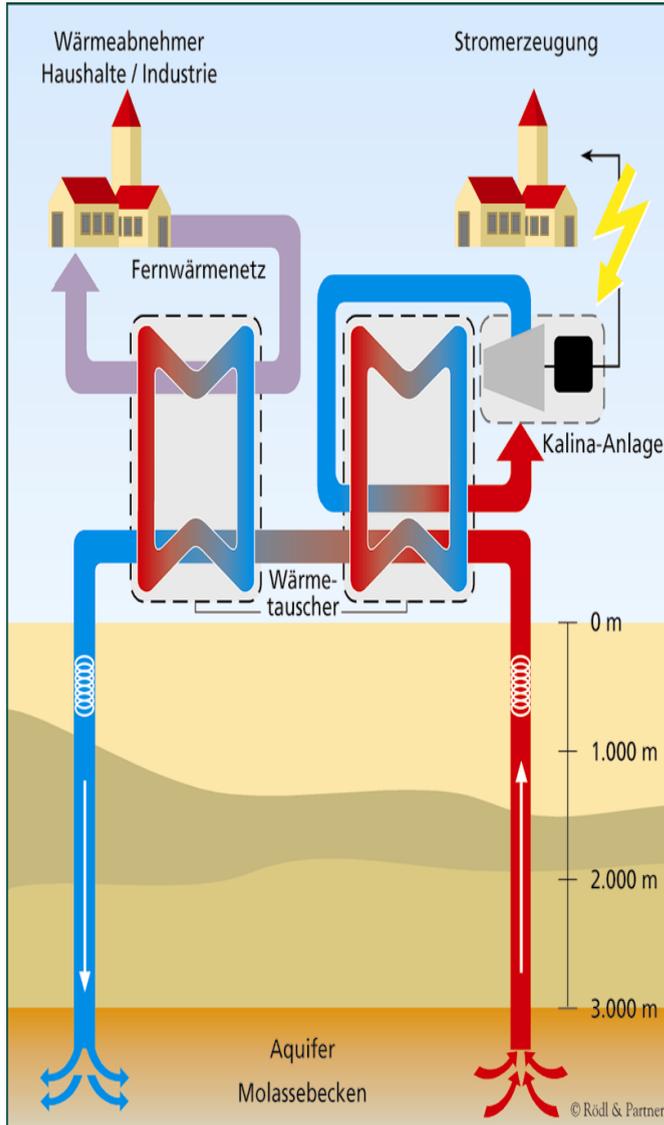
Ergebnis
(„gläserner Untergrund“)



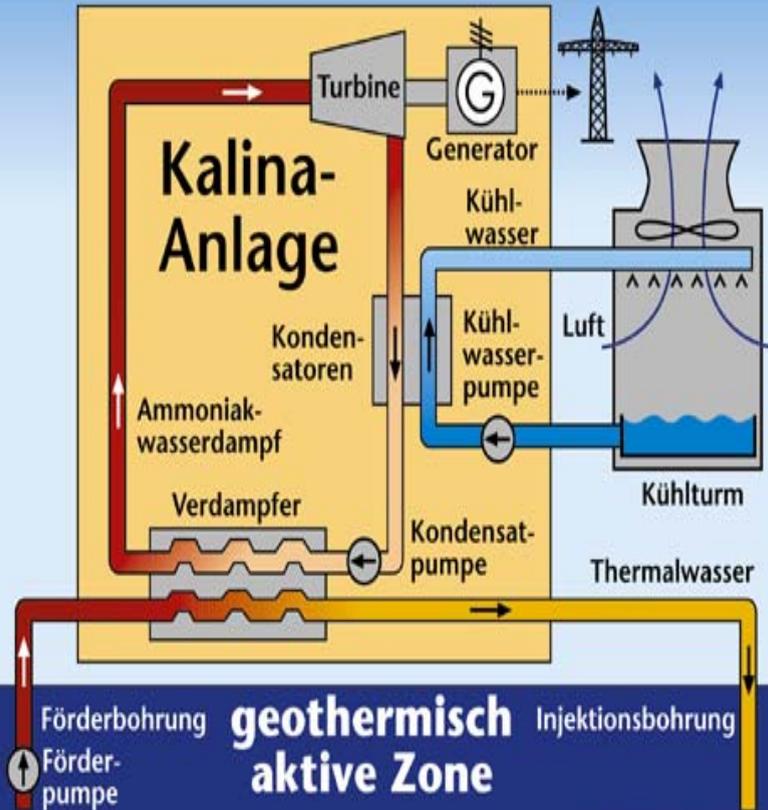
Bohrplan



Kraft – Wärme - Kopplung



Kalina - Kraftwerk



Zweistoffsystem aus Ammoniak und Wasser – gute Wärmeübertragungsfähigkeit = erhöhte Energieausbeute

Nichtisotherme Verdampfung: 25 %-ige Erhöhung der elektrischen Ausgangsleistung gegenüber ORC-Anlage

Vergleichbare Anlagen in Husavik Island und in Sumitomo Japan

Förderung durch BMU

Fündigkeit

27. September 2004

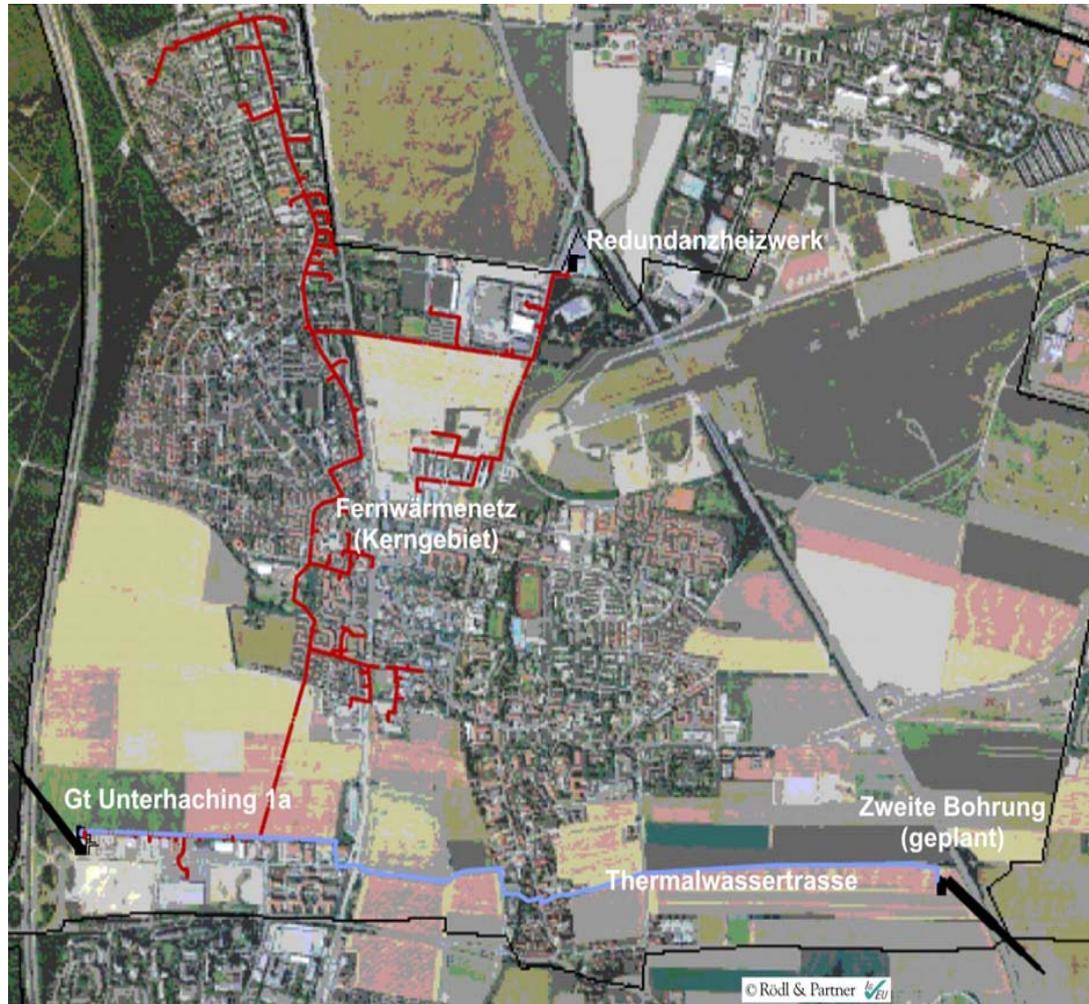
Schüttung: 150 l/s
Temperatur: 123 °C
Bohrteufe: 3.464 m
Senkrecht: 3.350 m

18. Januar 2007

Schüttung: > 150 l/s
Temperatur: 133 °C
Bohrteufe: 3.864 m
Senkrecht: 3.590 m



Fernwärme – und Thermalwassertrasse



Thermaltrasse: 3,5 km

Fernwärme: 21 km

Angeschlossen: 30 MW_{th}

Haushalte: ca. 3000

Geotherm. Anschlussleistung
insgesamt: 70 – 82 MW

Kosten: 32 Mio. €

Leistung Gt 1: 39 MW_{th}

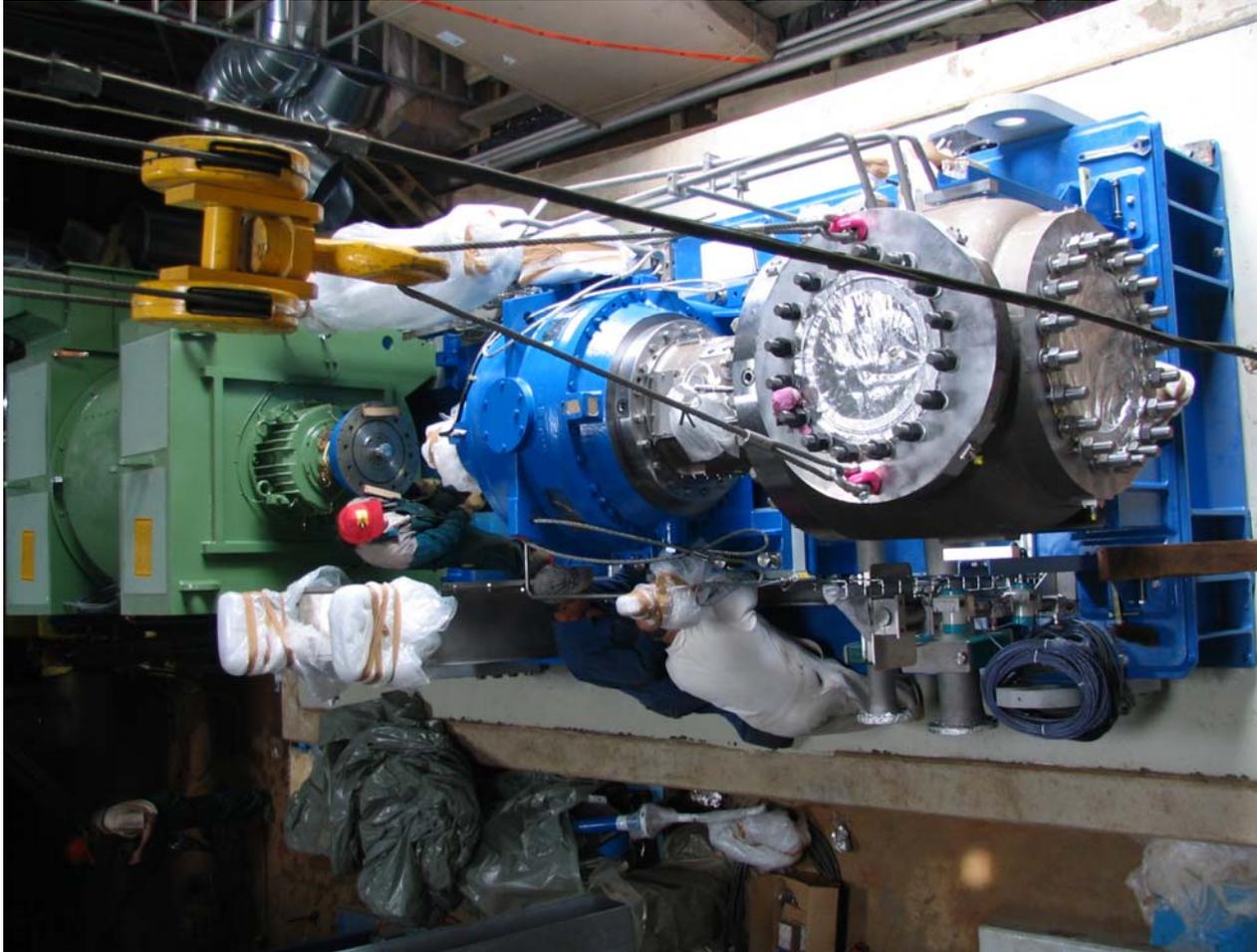
Leistung Gt 2: 46 MW_{th}

Bedarf insgesamt: 120 MW_{th}

Kalina - Kraftwerk



Generator, Getriebe, Turbine



Elektrische
Leistung:

3,4 MW

13000 U/min

20 bar

Kühlturm mit Schallschutz



Schallschutz: 2,8 Mio. €

Wärmetauscher für Einfamilienhaus

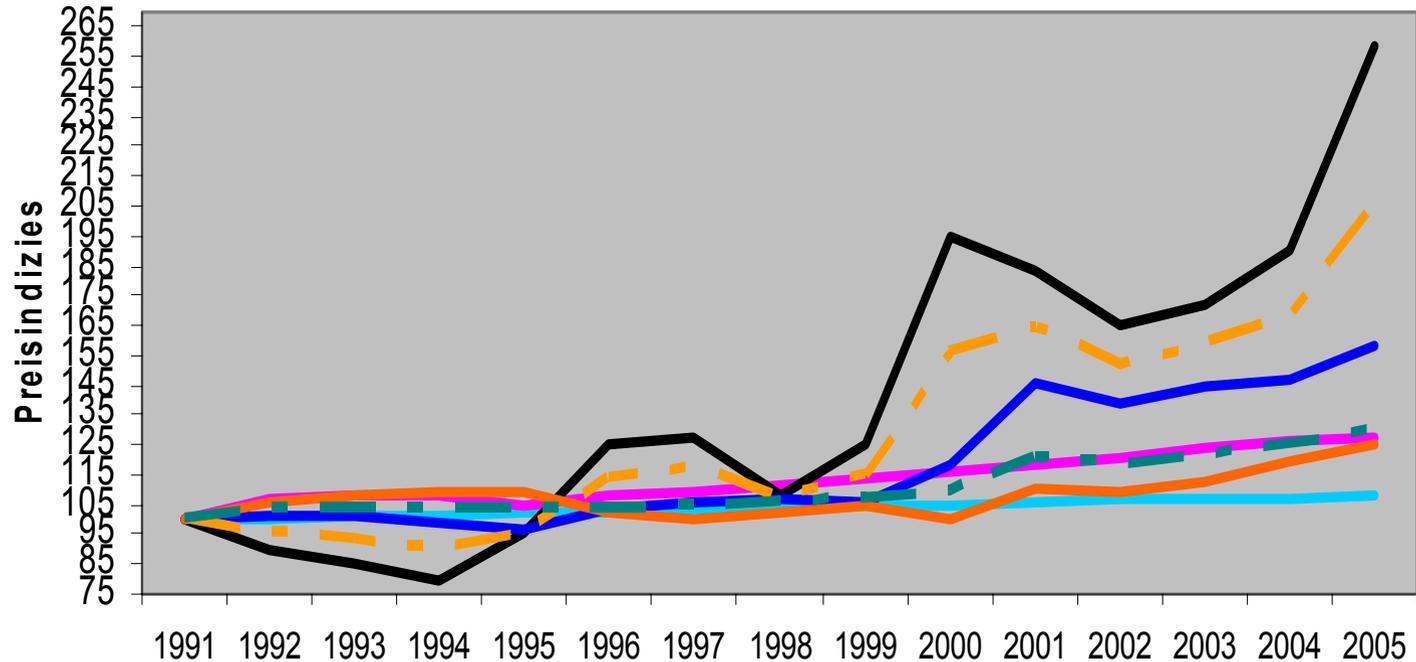


Breite: ca. 56 cm

Tiefe: ca. 26 cm

Höhe: ca. 100
cm

Preisentwicklung



Schlussbemerkungen

Unterhaching hat die derzeit produktivsten Bohrungen in Deutschland

Das Projekt Unterhaching zeigt die Möglichkeiten der ganzheitlichen Nutzung geothermischer Energie für Wärme und elektrischer Kraft

Vorzugsweise sollten Kommunen Geothermie besitzen und anbieten. Das leitet sich aus dem Vorrang der Wärmelieferung (Bayern) ab

Durch Voruntersuchungen (z. B. Seismik) fundierte Machbarkeitsstudien sind Voraussetzung für die Planung und spätere Wirtschaftlichkeit

Weitestgehende Unabhängigkeit von steigenden Preisen bei Öl und Gas

Versorgungssicher, CO₂ – frei, ohne Feinstaub

Platzsparend, kein Kamin

Klimaschutz durch nachhaltige dezentrale und regionale Energieversorgung

Danke für die Aufmerksamkeit



Die Geologen



Vor dem Bad



Geschäftsführung

**Bürgermeister und
Projektleiter**



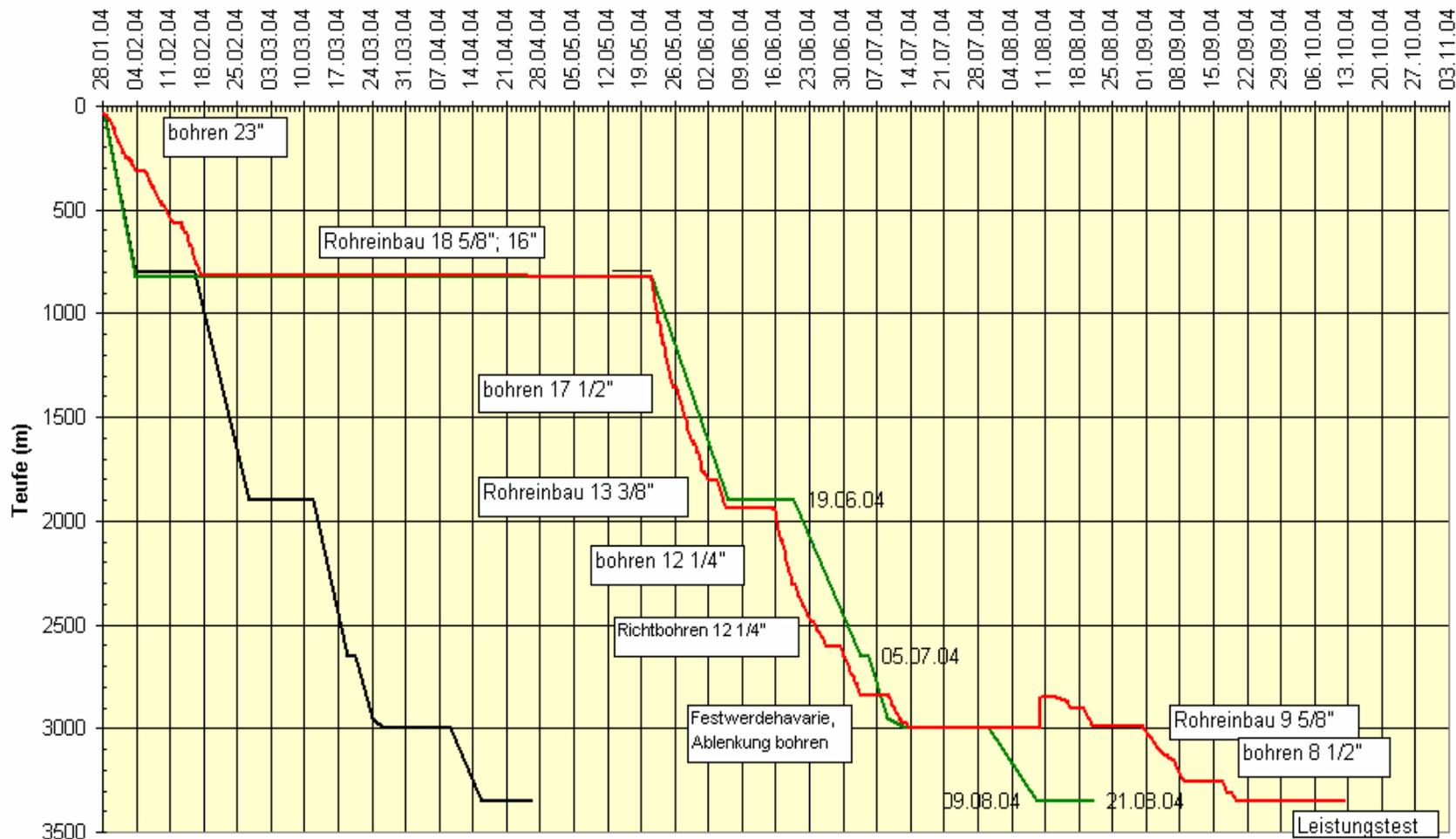
Der Bohrturm (Arge Wärmestrom Bavaria)

Bohrtechnik



Bohrung GT 1a Unterhaching

Zeit-Teufen-Diagramm Bohrung Gt Unterhaching 1



Testergebnisse

	Absenkung bei Test [m]	Förderrate [l/s]	Förderrate bei 300m Absenkung [l/s]
1. Regime 351 min.	42	37	264
2. Regime 349 min.	63	50	238
3. Regime 348 min.	82	65	238

Technische Daten des Pumptests vom 29.9.2004 :

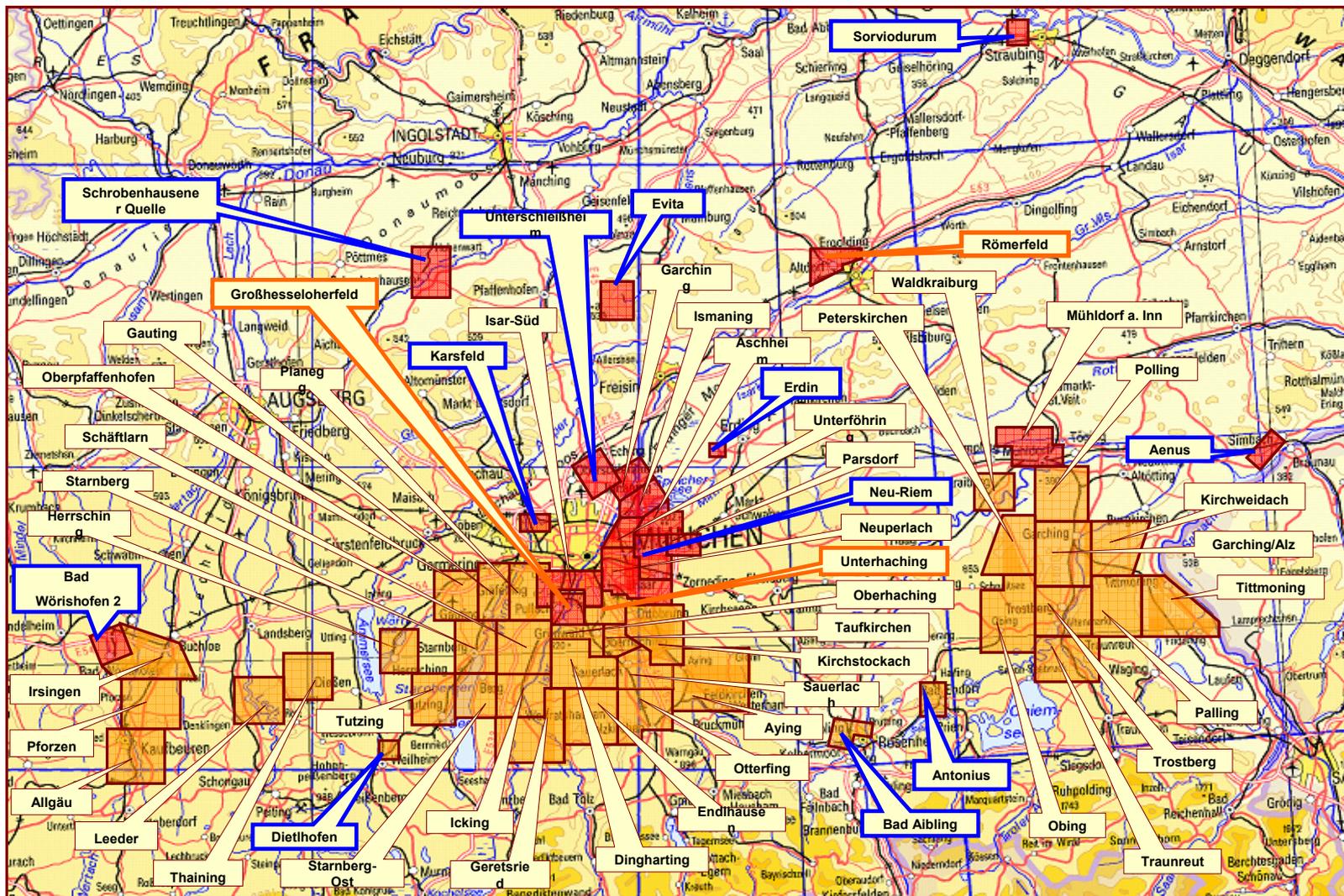
Bohrteufe: 3350 m

Temperatur: 122,78 ° C

Entwicklungstendenzen im Bereich der Nutzung

- Im Oberrheingraben und im Großraum München werden Geothermie-Projekte entwickelt; dies gilt noch eingeschränkt für das norddeutsche Becken.
- Im Oberrheingraben und Oberbayern sind aus geologischer Sicht besonders vielversprechende Gebiete bereits heute bergrechtlich nahezu komplett vergeben.
- Von den derzeit in der Entwicklung befindlichen Projekten ist mit einer Stromeinspeisung frühestens im übernächsten Jahr zu rechnen.
- Engpässe, die eine Projektentwicklung behindern:
 - nur eingeschränkt verfügbare Bohrgeräte
 - knapp verfügbares (Risiko-)Kapital
 - kaum vorhandene Risikoabdeckung (u. a. Fündigkeit)

Erteilte Erlaubnisfelder in Bayern

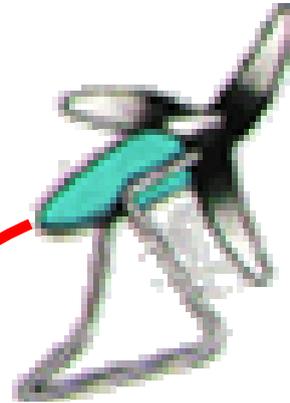


Erteilte Erlaubnisfelder, Stand: 24. Oktober 2005

Wie funktioniert ein Wärmekraftwerk? Eigentlich recht einfach!

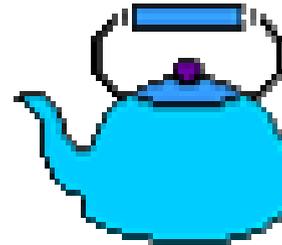
Wärmekraftwerk

Turbosatz



Strom

Dampferzeuger

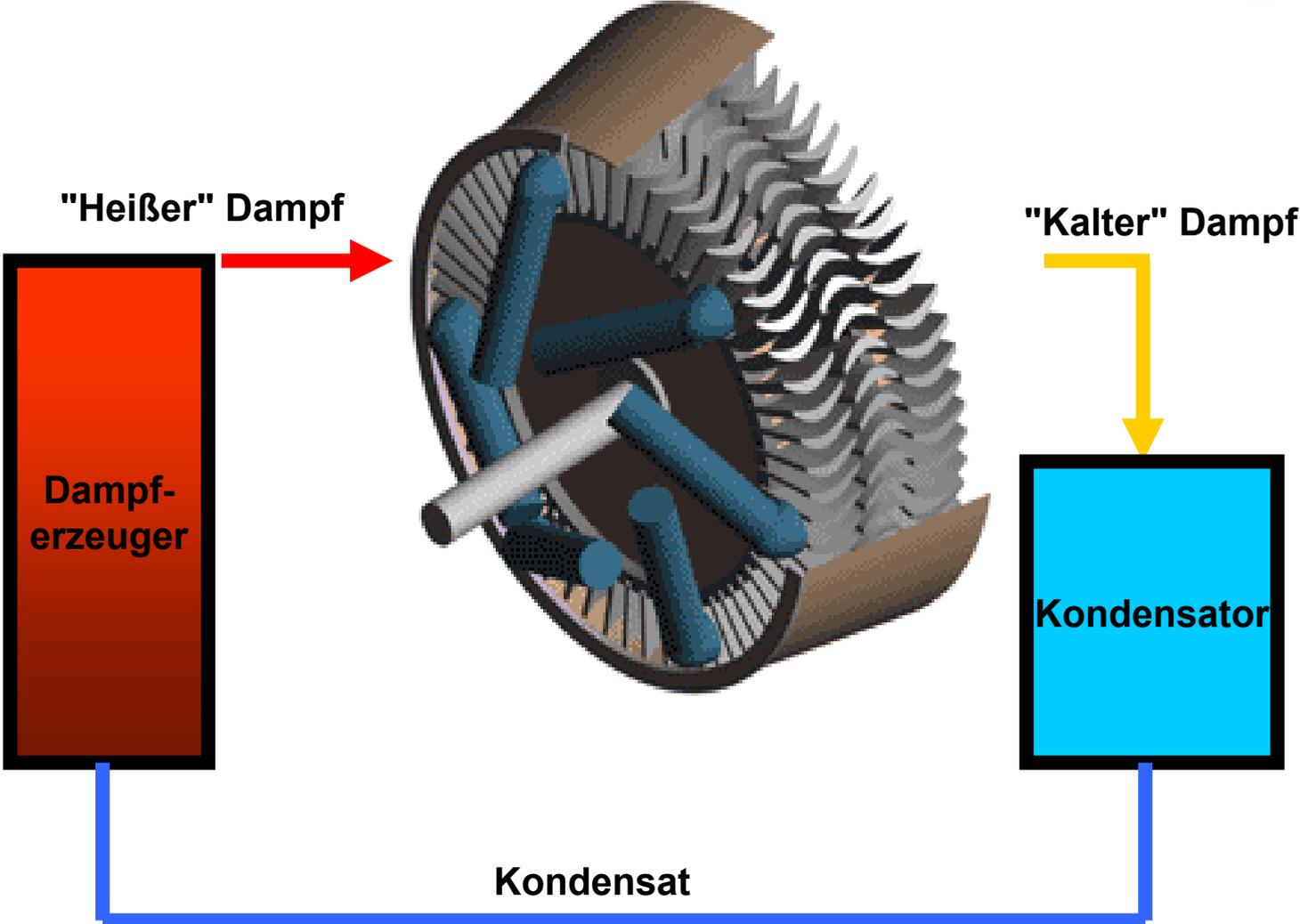


Wärmequelle

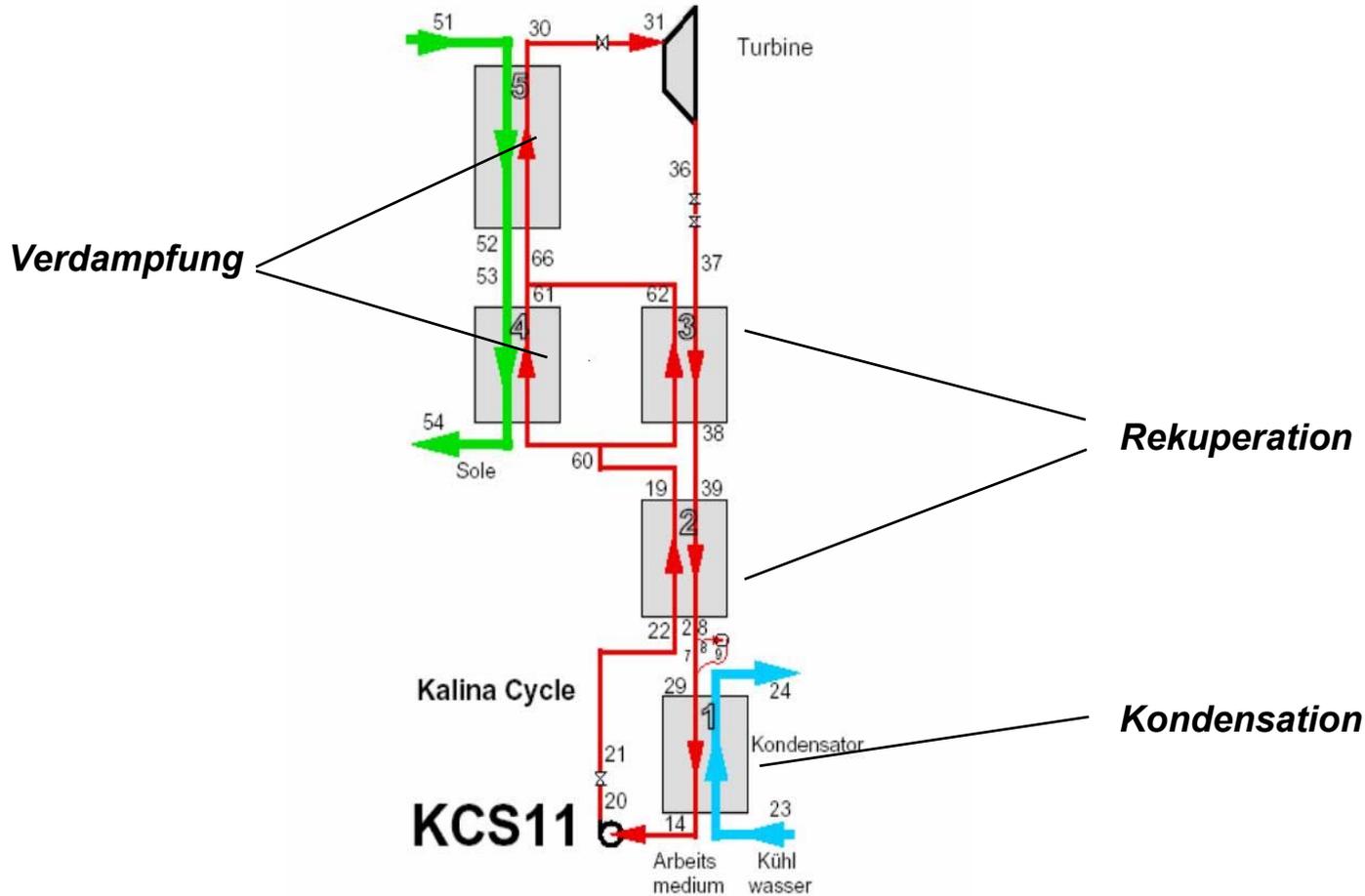


Der geschlossene Kreislauf

Wärmekraftwerk

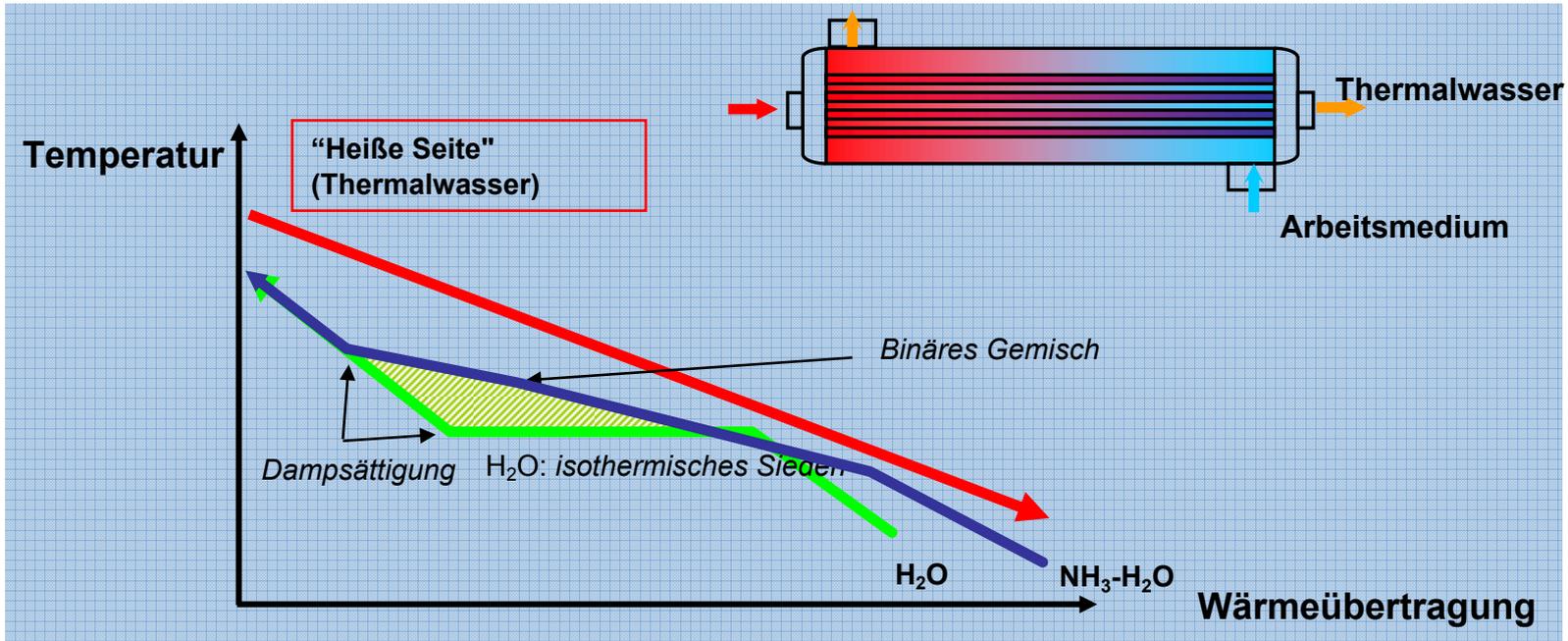


Eine typische Kalina Wärmeschaltung



Geothermische Stromerzeugung

Die Kalinatechnologie - Wärmeübertragung



Bessere Wärmeübertragung von der Wärmequelle zum Ammoniak-Wasser Medium

Konventionelles Arbeitsmedium siedet bei konstanter Temperatur, während Ammoniak-Wasser-Gemisch bei steigender Temperatur verdampft

Die Konsequenzen:

- Weniger Wärmeverluste
- Bessere Wärmenutzung und deshalb effizientere Stromerzeugung.

Verfahren der Stromerzeugung

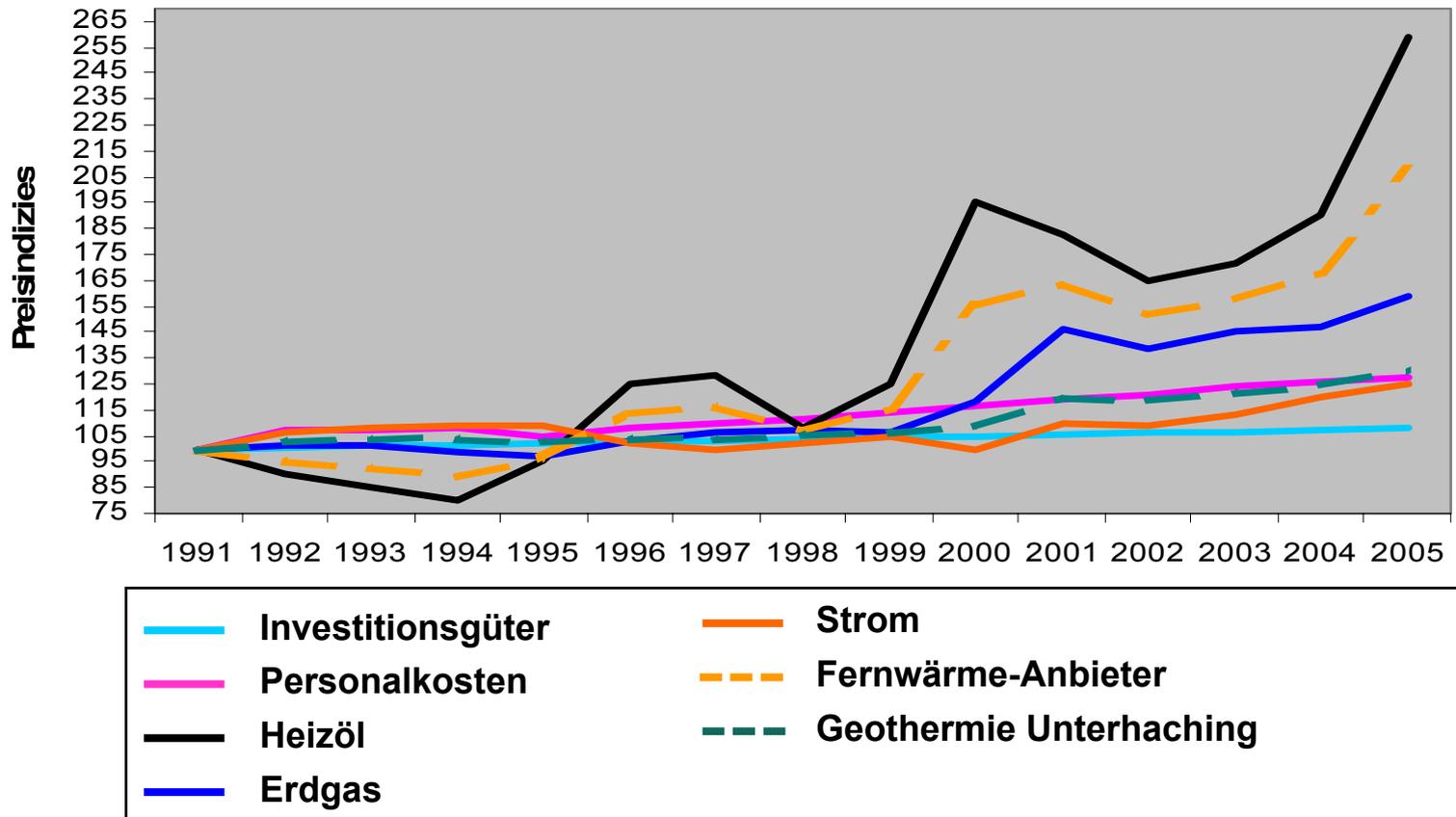
- Bevorzugt Kalina-Prozeß
 - Zweistoffsystem aus Ammoniak und Wasser, das in der Zusammensetzung je nach Außentemperatur variiert
 - Vergleichbare Anlagen in Husavik Island, Sumitomo Japan
 - 25 %ige Erhöhung der elektrischen Ausgangsleistung im Vergleich zu ORC-Anlagen
 - Vorteil: Anpassung des Verfahrens an die Thermalwassermenge und – temperatur sowie an saisonale Temperaturunterschiede, damit erhöhte Energieausbeute
- Alternativ ORC-Prozeß (Organic-Ranking-Cycle)
 - mit konventionellen Dampfturbinenkreisläufen vergleichbar
 - einziger Unterschied: Arbeitsmittel Wasser ist durch organisches Fluid mit einer hohen Molekularmasse ersetzt ⇒ Wärmequellen mit niedrigen Temperaturen können zur Stromproduktion genutzt werden; einige Fluide nur bis 2007 erlaubt

Geothermieprojekt Unterhaching

Geothermie: Unabhängigkeit von Öl und Gas

Vergleich: Entwicklung der Preisindizes Unterhaching – Fernwärme-Anbieter

- Geothermieprojekt Unterhaching
- Wirtschaftlichkeit
- Investorenschutz
- Entwicklung der Geothermie
- Vorteile der Geothermie
- Fazit
- Kontakt



Quelle: Statistisches Bundesamt, Juli 2005

Schlussbetrachtung

- **Die geothermische Stromerzeugung ist auf dem Weg in den Markt.**
- **Diese Entwicklung wird durch eine Vielzahl an staatlich/administrativen Maßnahmen unterstützt (primär EEG).**
- **Die benötigte Technik ist verfügbar; sie ist aber risikobehaftet (primär Fündigkeitsrisiko); mangelnde Kapazität**
- **Ein Hemmschuh sind relativ hohe Kosten. Geothermieprojekte sind dann wirtschaftlich darstellbar, wenn die geothermische Energie möglichst weitgehend für KWK genutzt werden kann.**
- **Bei steigenden Preisen der fossilen Energieträger ist die Bereitstellung von Wärme/Kälte rentabel**

Staatliche Projektförderung

- Seismische Untersuchungen als Voraussetzung zur Erschließung einer ausreichenden Thermalwassermenge und für die Gewährleistung einer optimalen Nutzungsdauer
- Arbeitsplanung (GGA):
 - Neubearbeitung von ausgewählten Profilen der Industrie-Seismik
 - Interpretation und Spezialprocessing zur Charakterisierung des Malmkarst
 - Bestimmung der optimalen Bohrlochlokation für Produktions- und Injektionsbohrung
- Weitere Förderung bei Einsatz einer Kalina Anlage zur Stromerzeugung: 4,8 Mio. €



Staatliche Förderung

Fündigkeitsversicherung:

**Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr,
Technologie: 400000,- €**

Gesellschaftereinlage: 7,8 Mio. €

Gemeinde Unterhaching



Danksagung

Geothermie Unterhaching: Gerlinde Kittl, Jörg Specht



Johannes Ruhland, Hydrogeologe

Ch. Schönwiesner-Bozkurt, B. Richter

Rödl & Partner

Prof. Rüdiger Schulz, R. Thomas, R. Jung



Inst. f. Energetik, Leipzig: Prof. Kaltschmitt

Fa. Siemens AG, Erlangen: Hr. Lutz