



# Kraft und Wärme aus der Tiefe



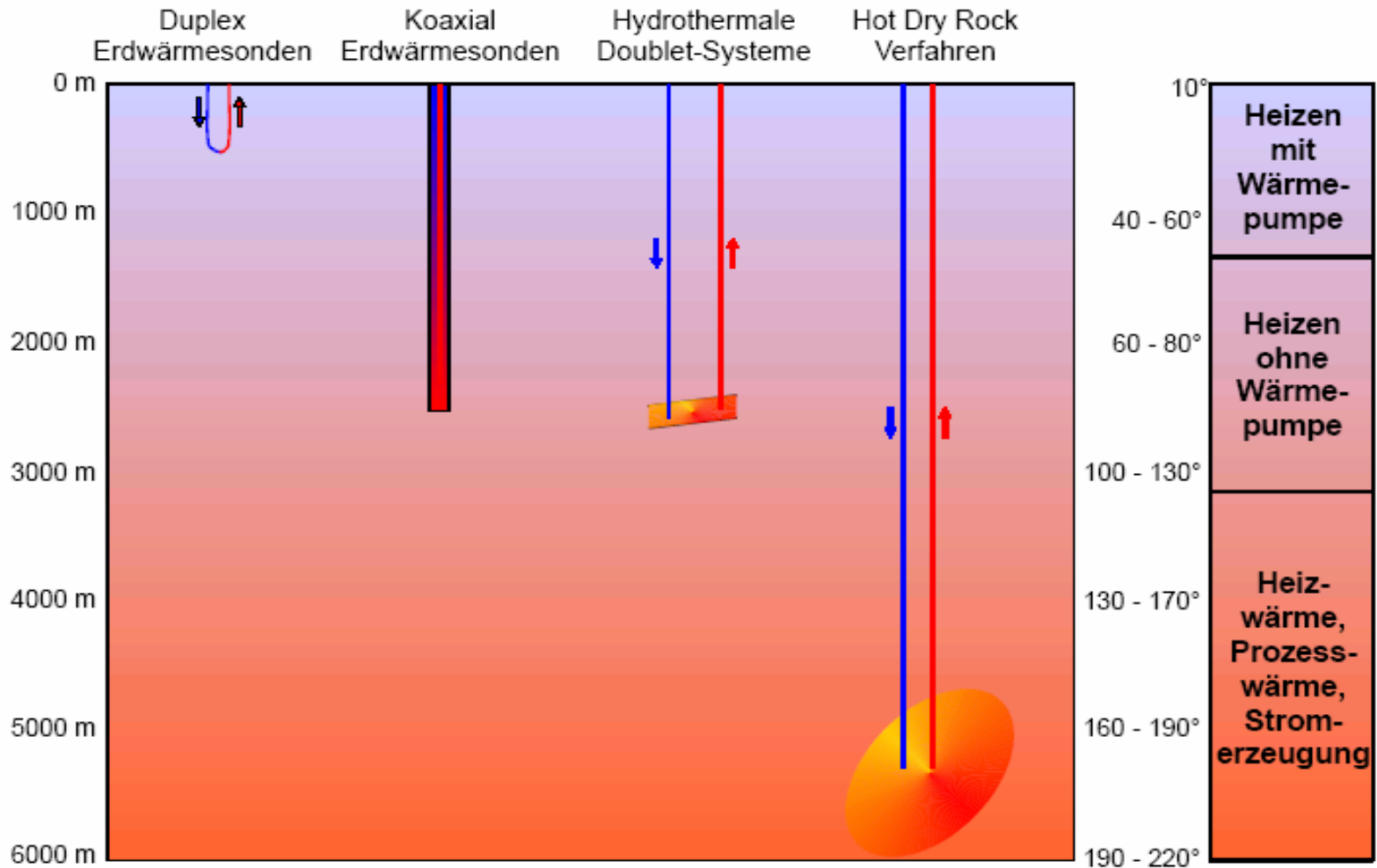
**Geothermie Unterhaching**

**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**
- CO<sub>2</sub>-Einsparung um mind. 10500 bis 37000 t/a  
(je nach Primärenergieart, Art der Stromerzeugung und Wärmenutzungsgrad)

# Strom - und Wärmepotenzial

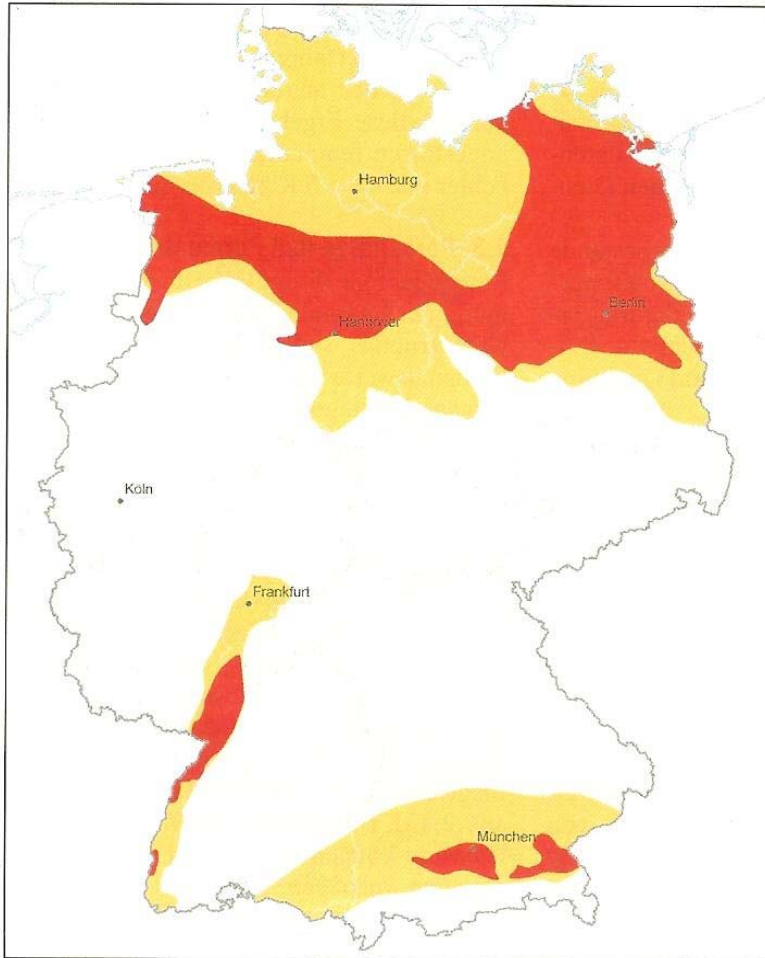


Abb. 1 Übersicht über Gebiete, die für hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind: Regionen mit Aquiferen, deren Temperatur über 100 °C (rot), bzw. über 60 °C (gelb) beträgt; 100 °C ist für eine Stromerzeugung, 60 °C für die direkte Wärmenutzung erforderlich

Quelle: GGA, Hannover

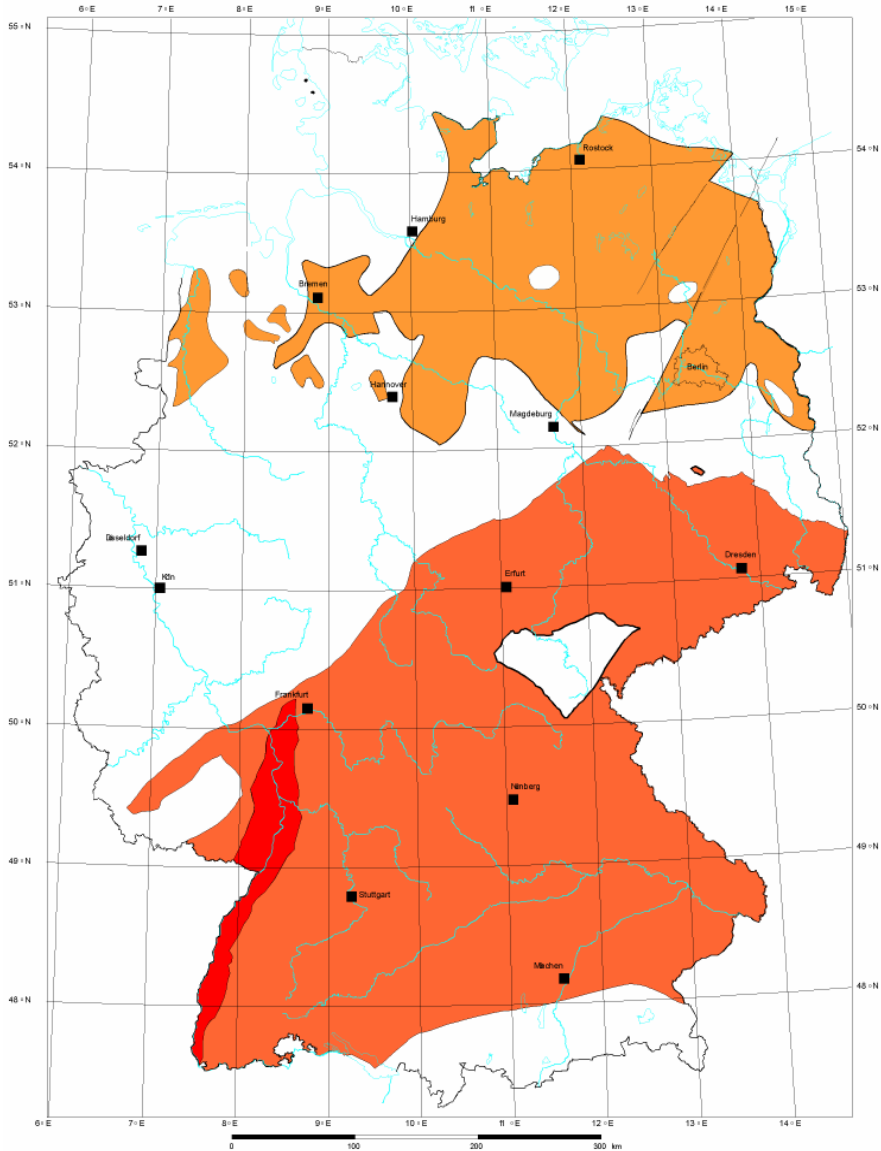
## Aquifere

Norddeutsches Becken  
Rotliegend Sandsteine

Oberrheingraben  
Buntsandstein & Muschelkalk

Molasse Becken  
Malmkarst

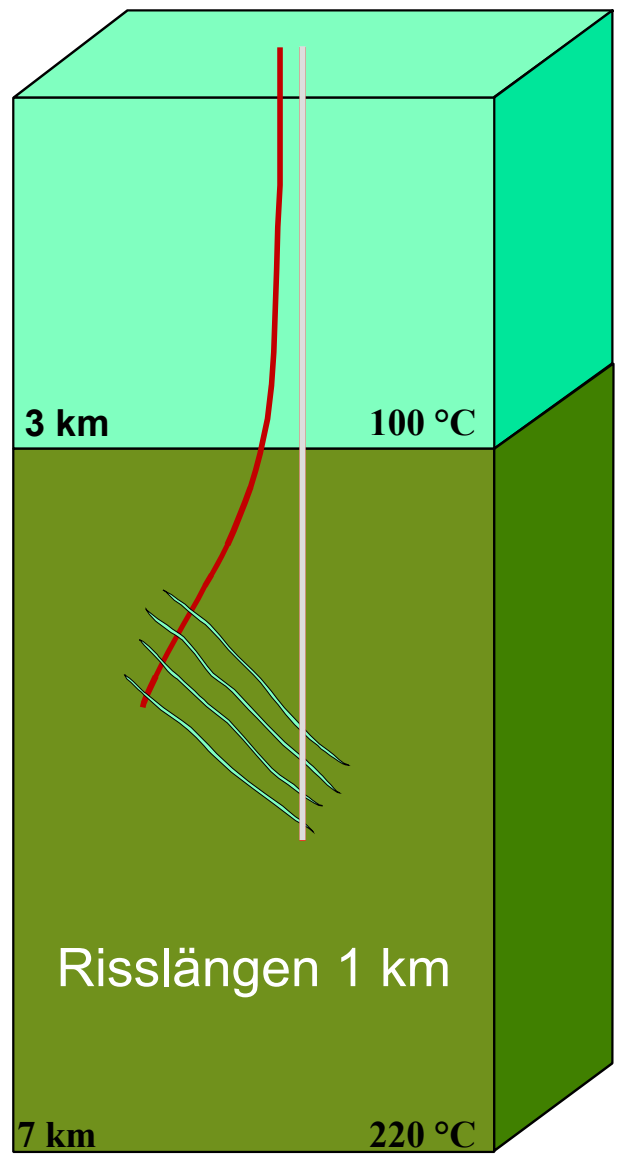
# Strom-Potenzial



## Kristallin

## Verbreitung in 3000 m

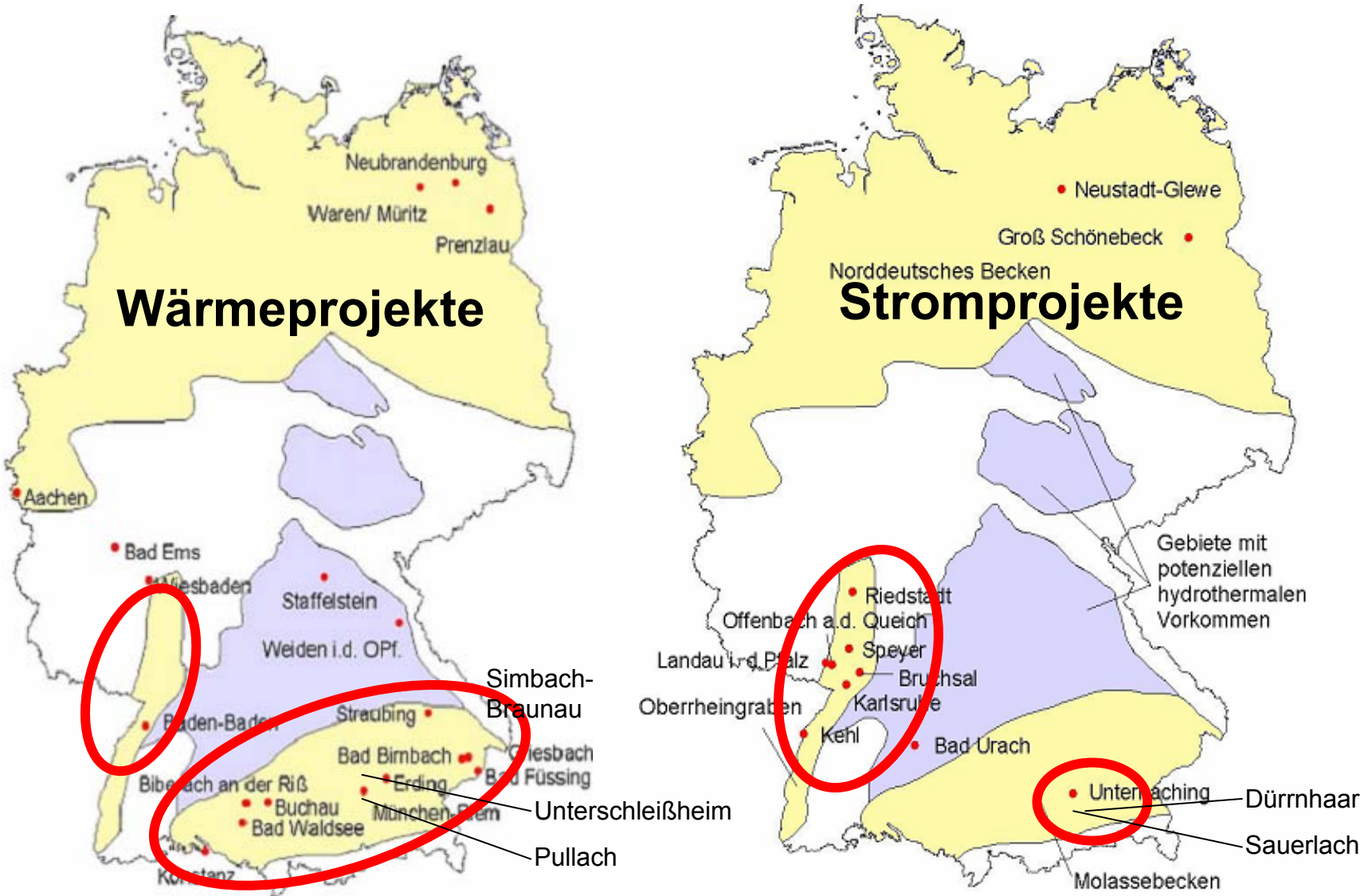
- Verbreitung Granit in 3000m Tiefe (entsprechend 100°C)
- Verbreitung Granit im Oberrheingraben in 3000m Tiefe (entsprechend 130°C)
- Verbreitung der Rotliegendevulkanite mit Temperaturen größer 100°C



Wasserfrac-Technik



# Regionale Verteilung von Projekten zur geothermischen Energieerzeugung





# Aussichtsreichste Ressourcen

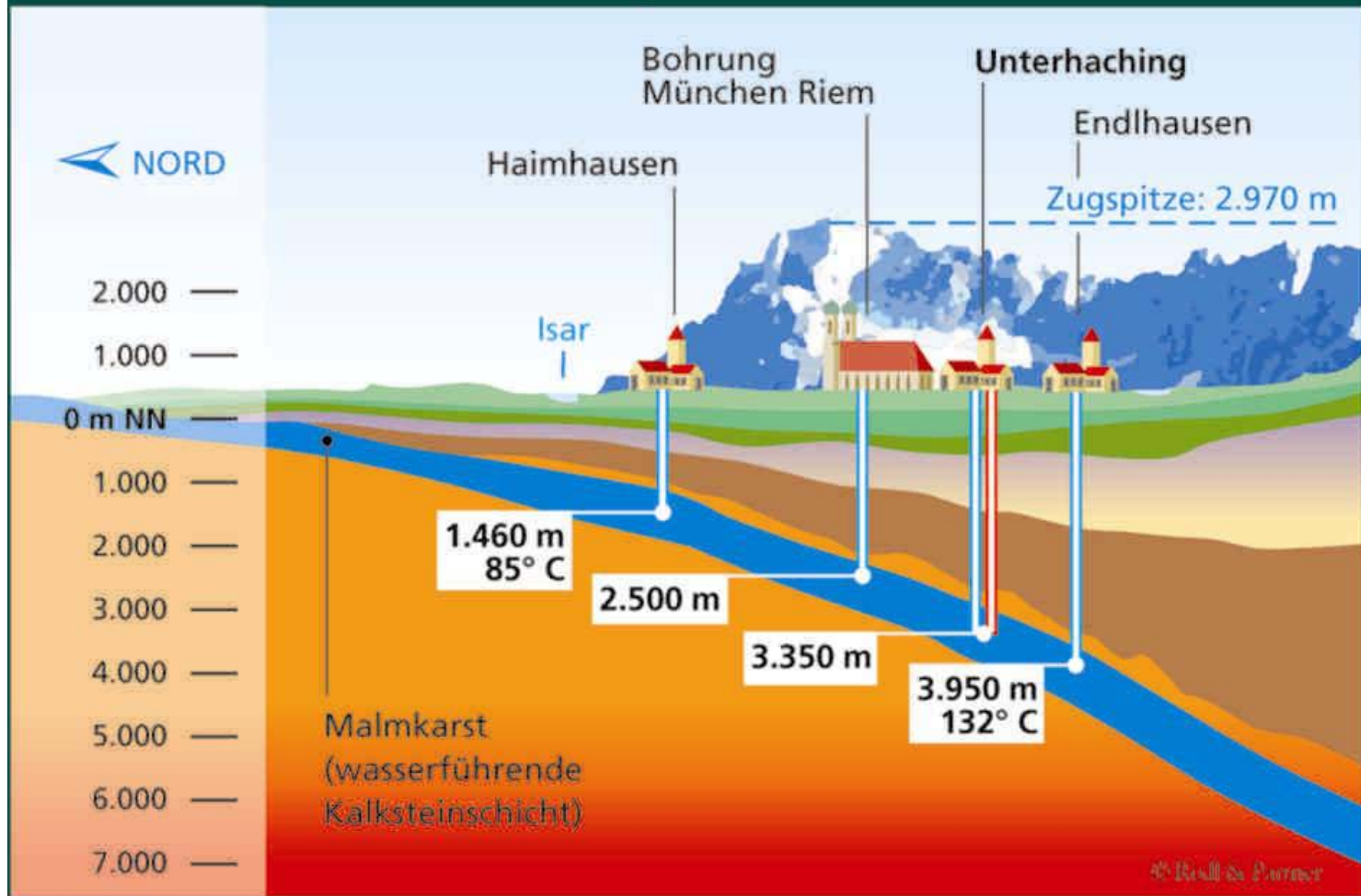
Region	Reservoir	Maximaler Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	Elektrische Energie [EJ]	Installierb. Leistung [GW <sub>el</sub> ]	Produktion für 360 m <sup>3</sup> /h
Oberrhein graben	Kristallin	100	62	20	hoch
Oberrhein graben	Muschelkalk	300	0,2	0,07	mittel - hoch
Oberrhein graben	Buntsandstein	200	2	0,7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

**Jahresstrombedarf: 2 EJ**

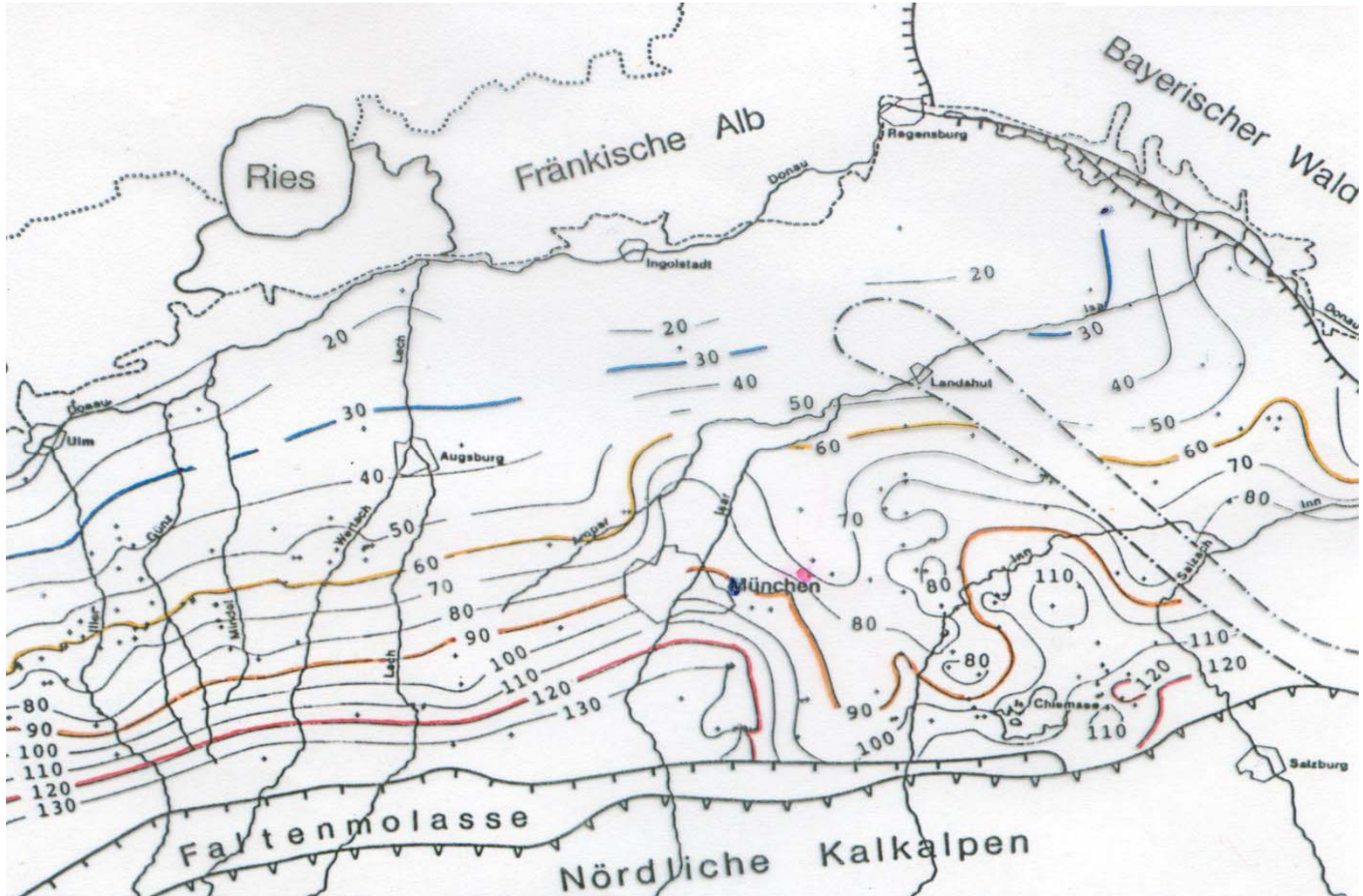
# Hauptanforderungen

- **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

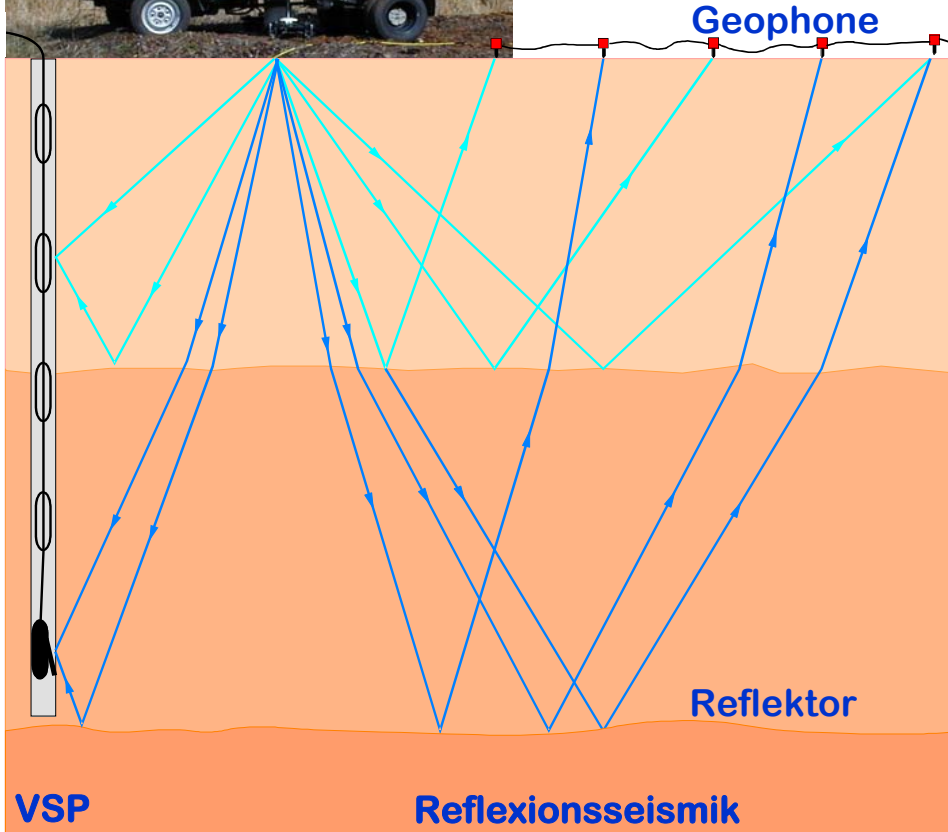




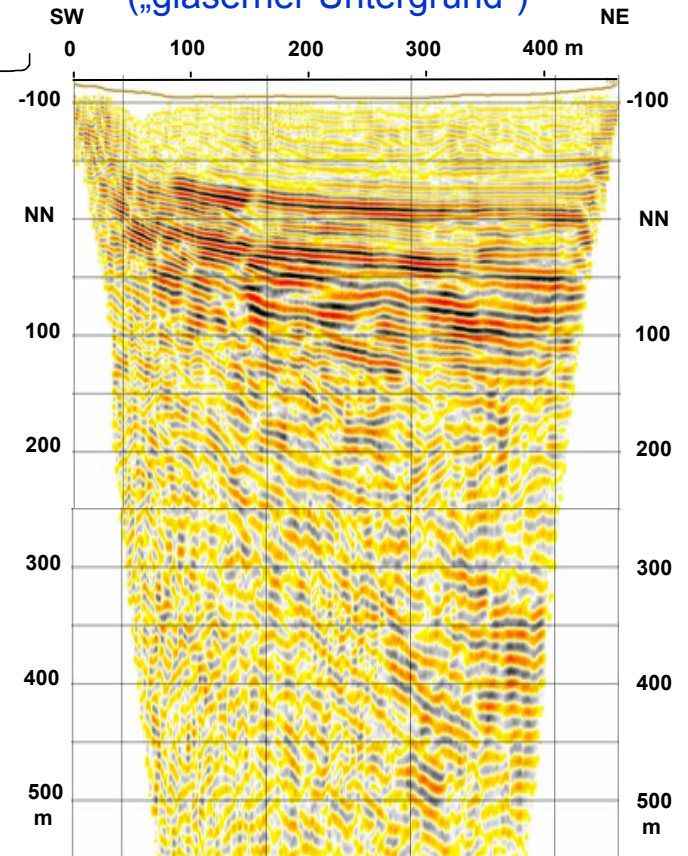
# Reflexionsseismik



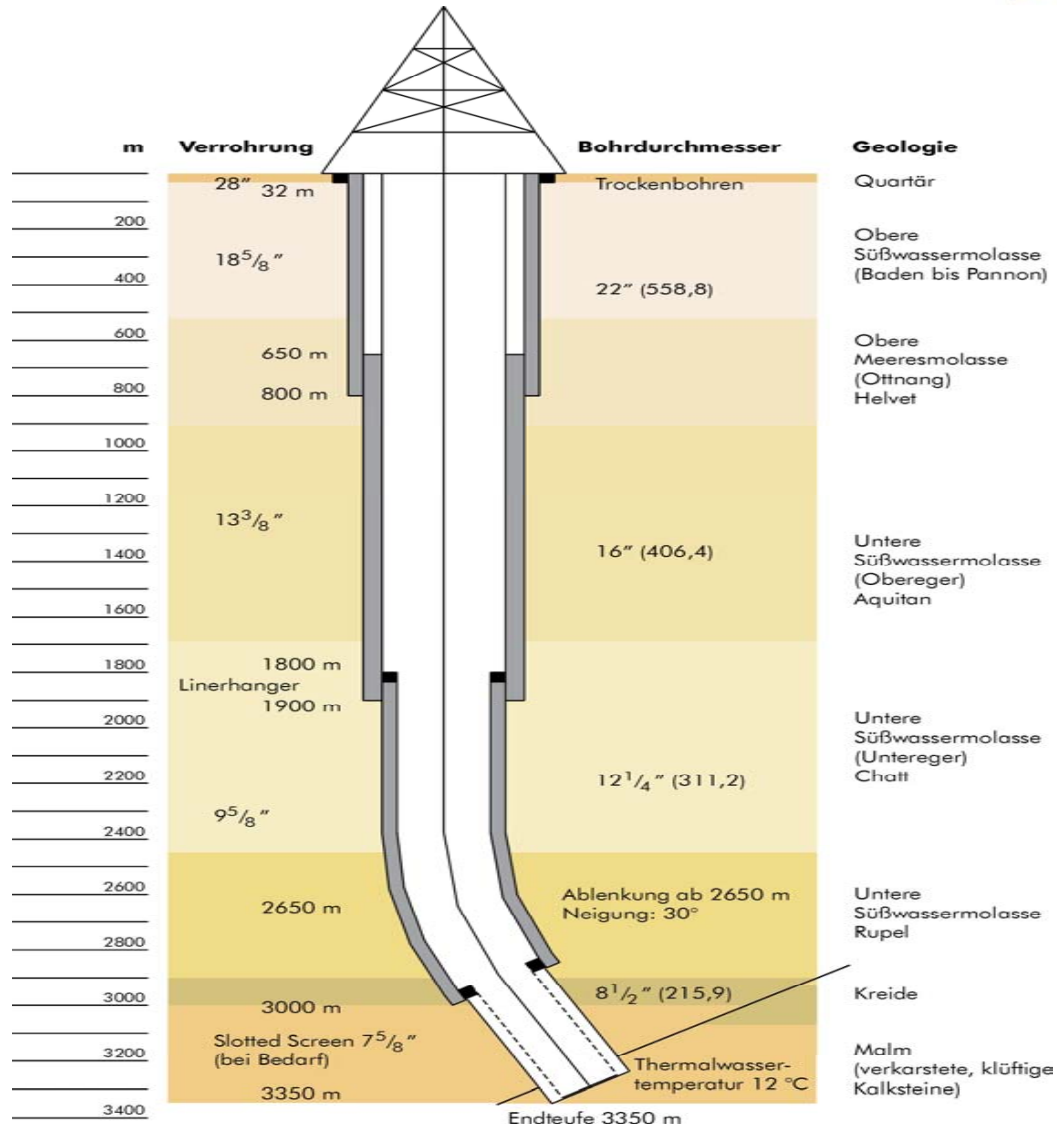
Prinzip



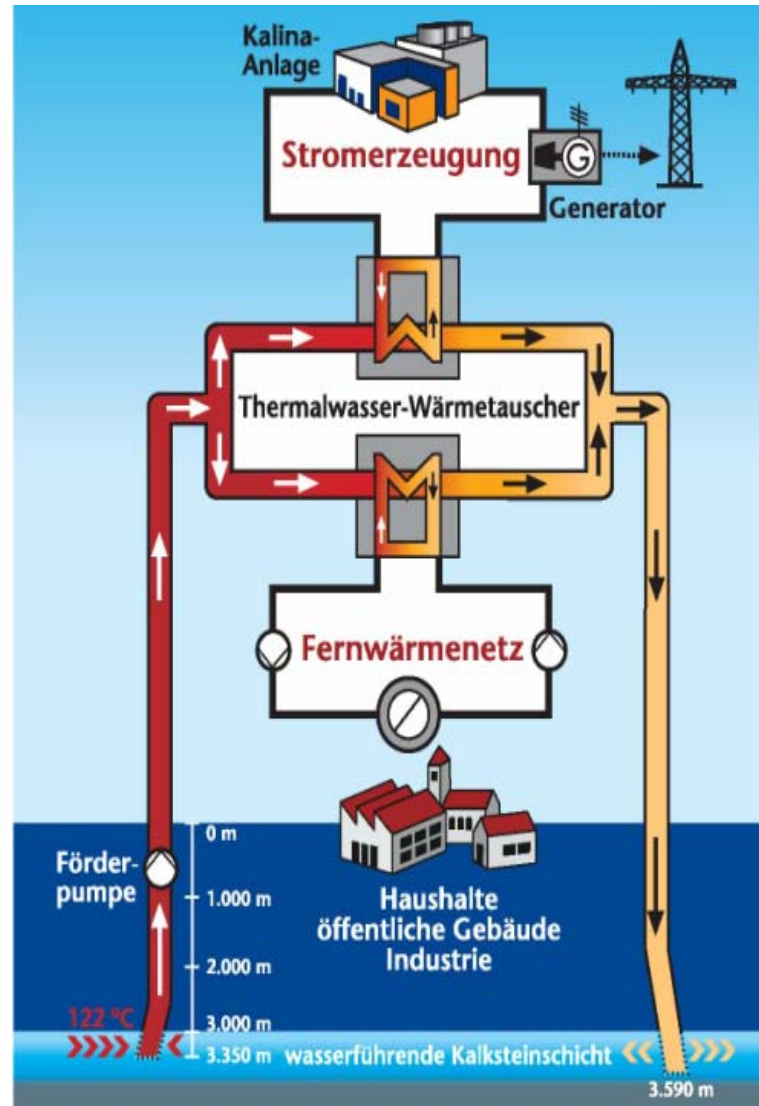
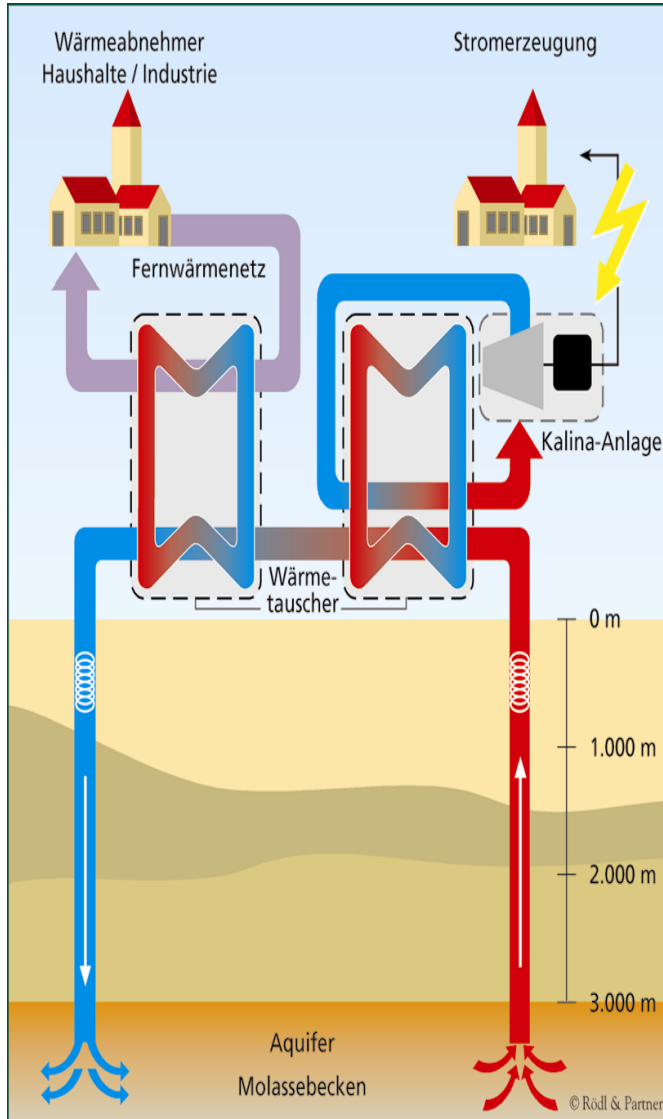
Ergebnis  
(„gläserner Untergrund“)



# Bohrplan

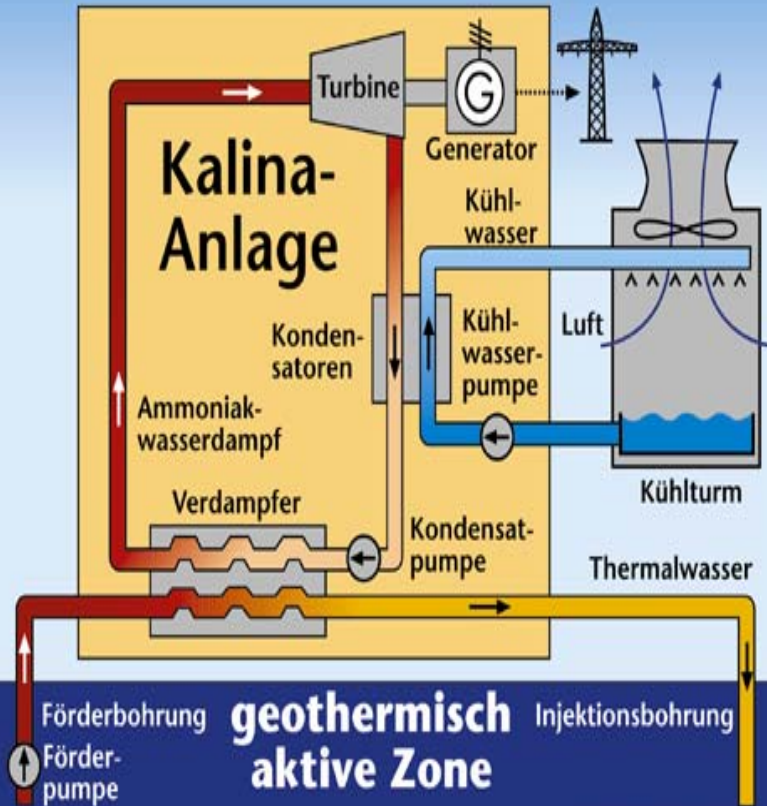


# Kraft – Wärme - Kopplung





# 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<sub>th</sub>

Haushalte: ca. 3000

Geotherm. Anschlussleistung  
insgesamt: 70 – 82 MW

Kosten: 32 Mio. €

Leistung Gt 1: 39 MW<sub>th</sub>

Leistung Gt 2: 46 MW<sub>th</sub>

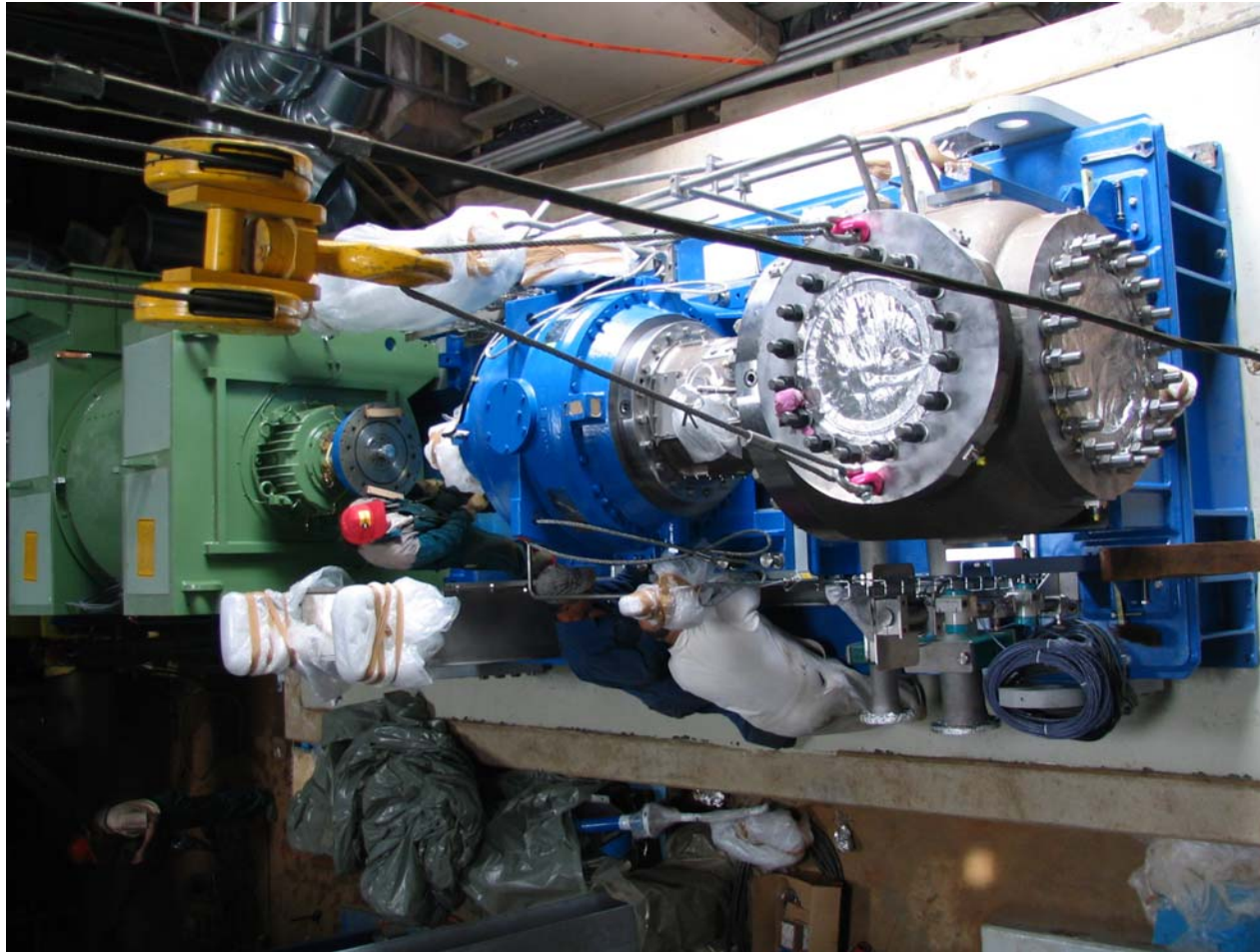
Bedarf insgesamt: 120 MW<sub>th</sub>



# 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



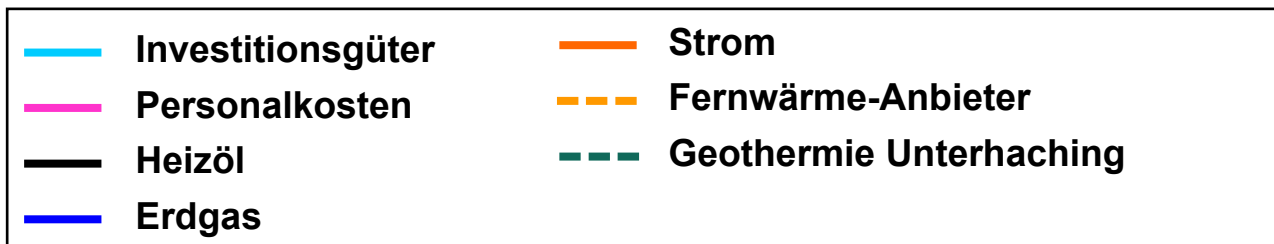
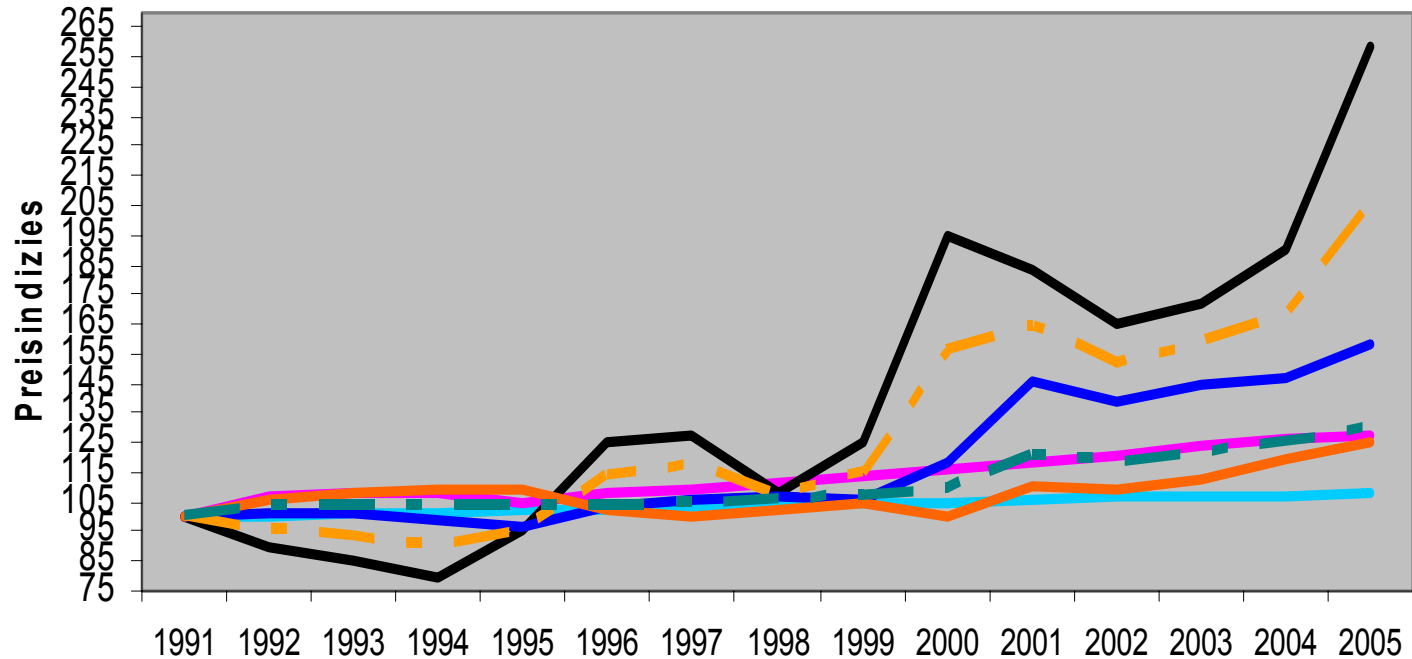
Breite: ca. 56 cm

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, CO<sub>2</sub> – 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**



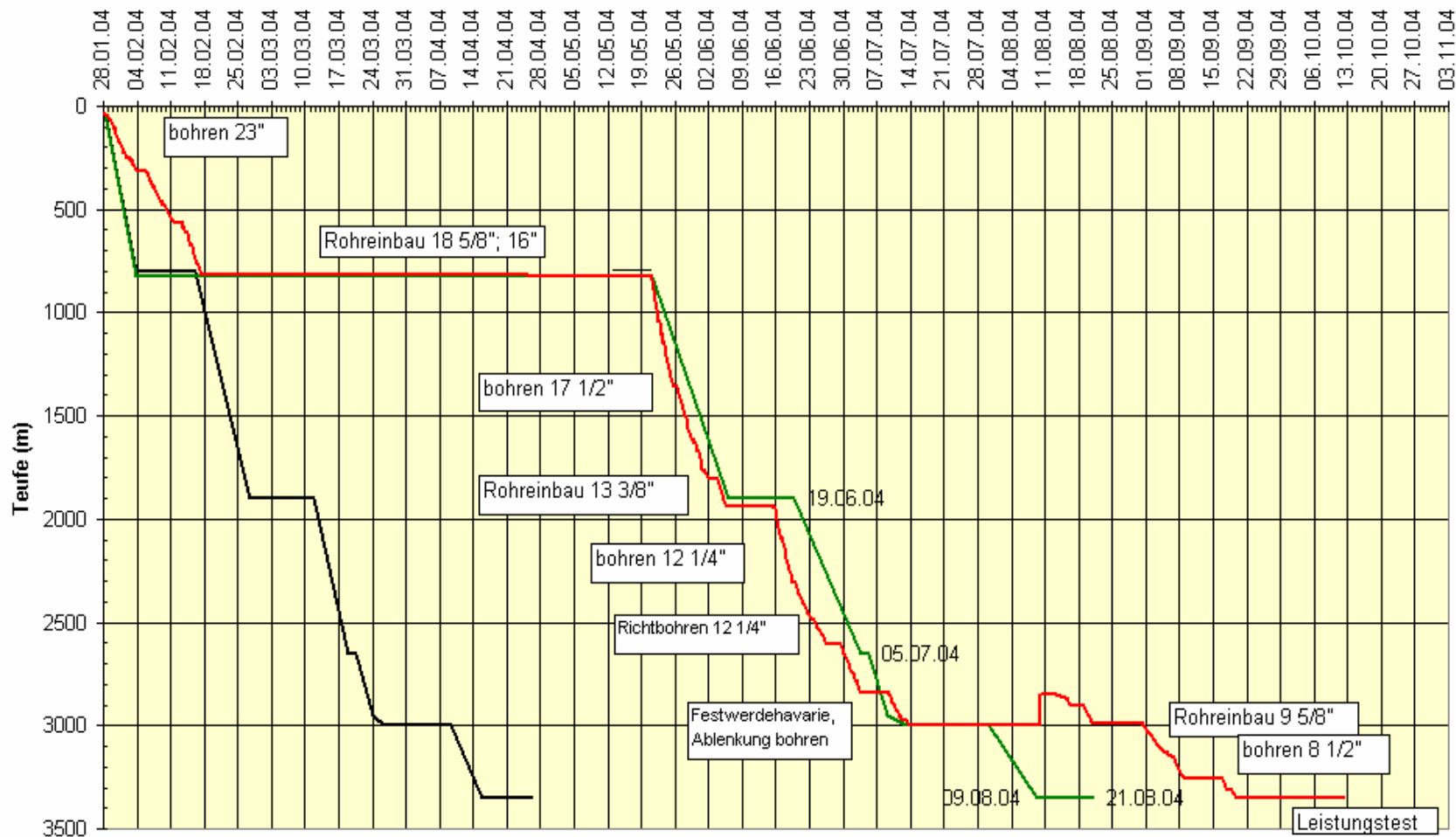
# Der Bohrturm (Arge Wärmestrom Bavaria)

Bohrtechnik



# Bohrung GT 1a Unterhaching

## Zeit-Teufen-Diagramm Bohrung Gt Unterhaching 1



# Testergebnisse

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

## Technische Daten des Pumptests vom 29.9.2004 :

**Bohrteufe: 3350 m**

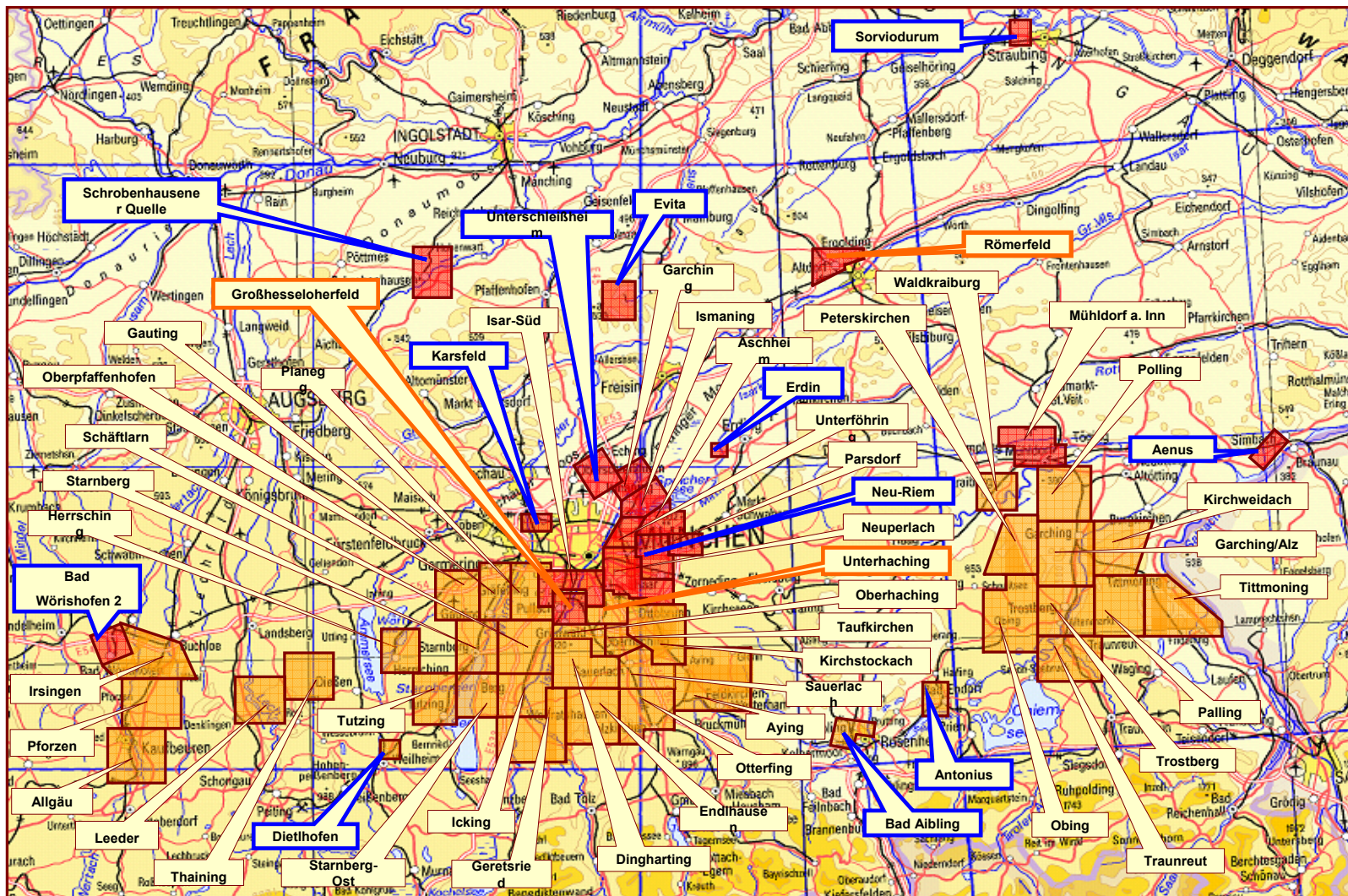
**Temperatur: 122,78 ° C**

# 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!

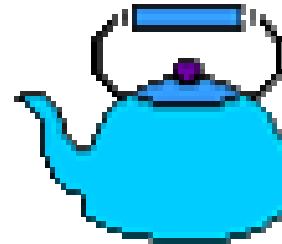
Wärmekraftwerk

Turbosatz



Strom

Dampferzeuger

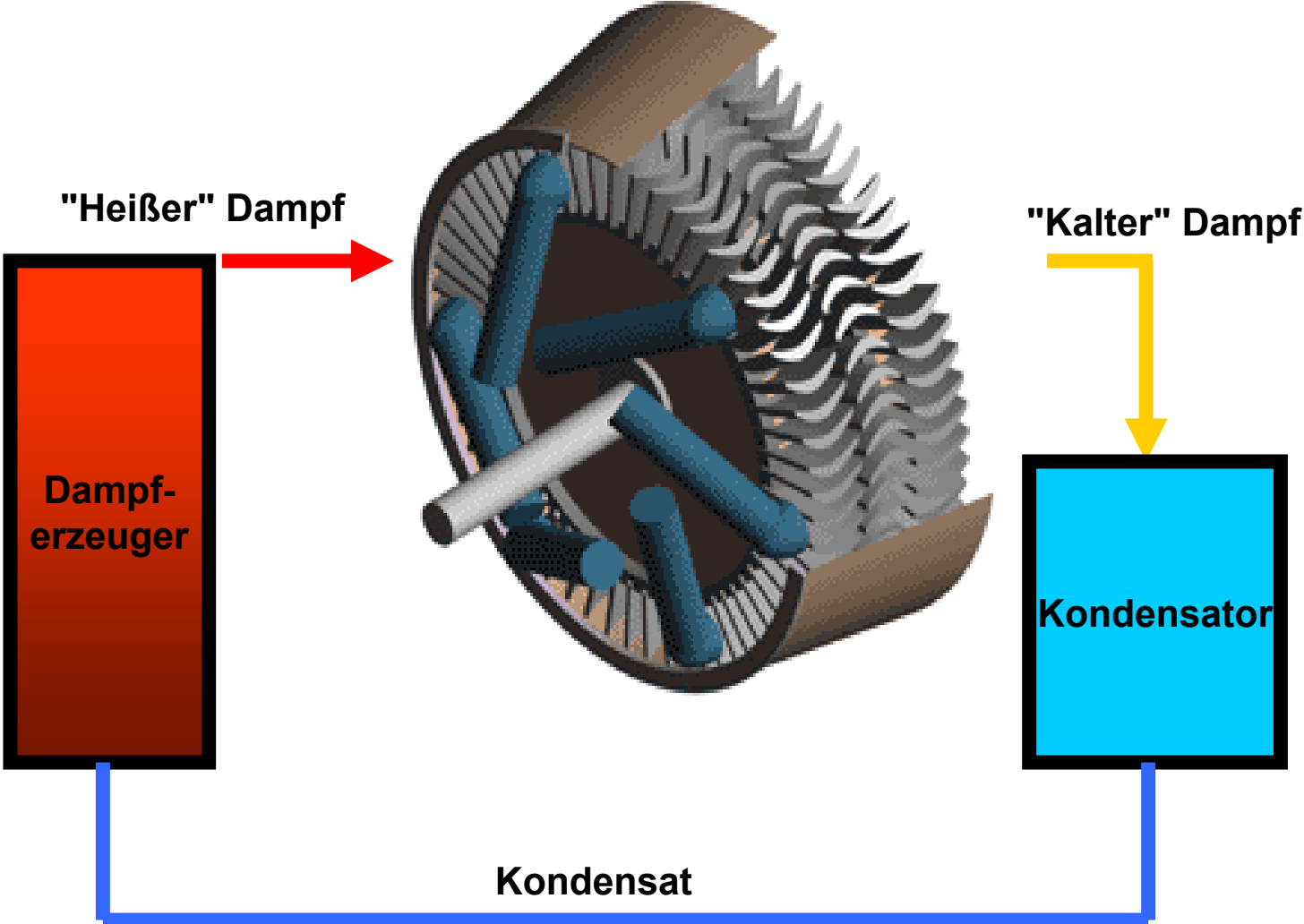


Wärmequelle

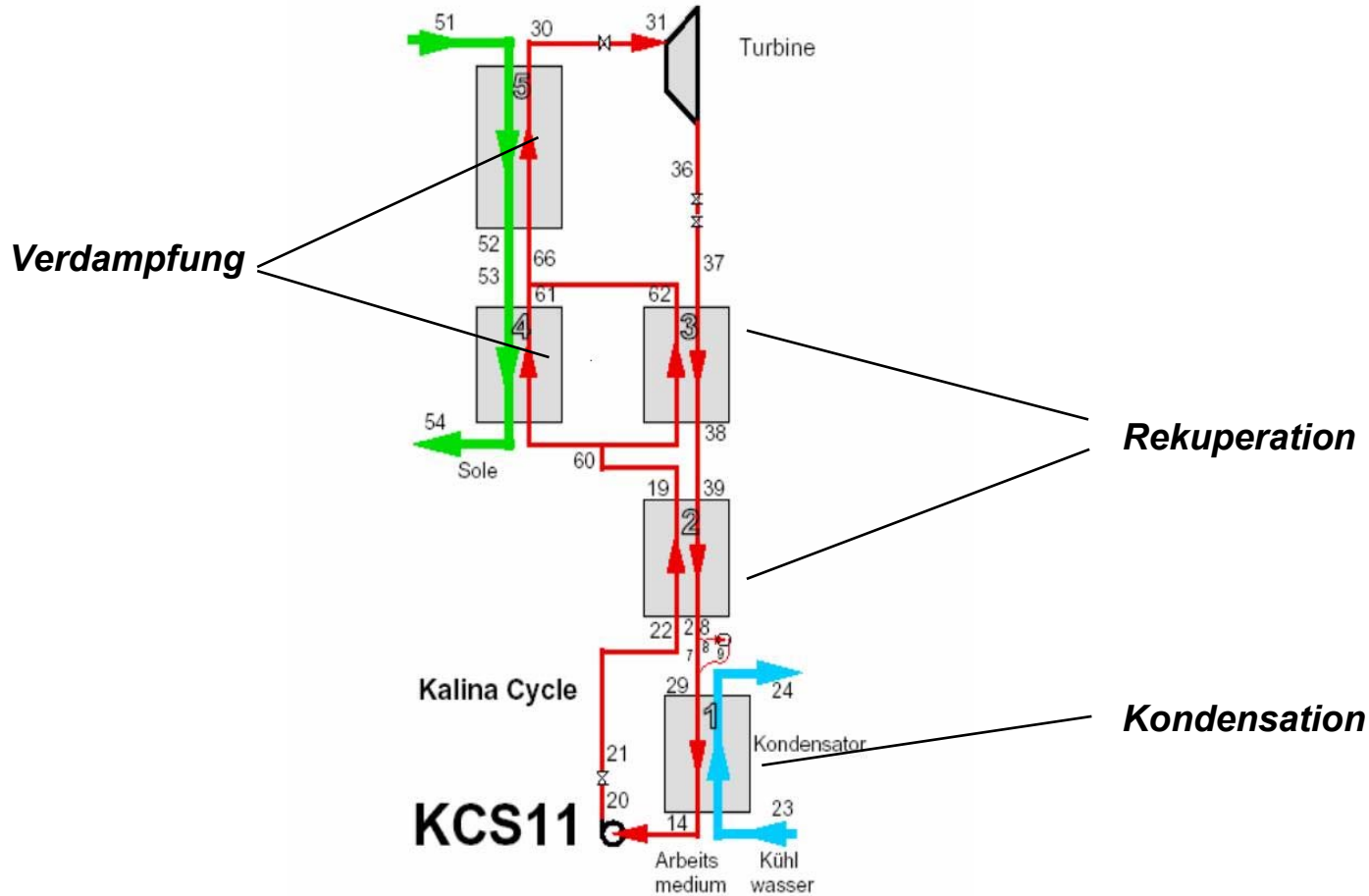


# Der geschlossene Kreislauf

Wärmekraftwerk

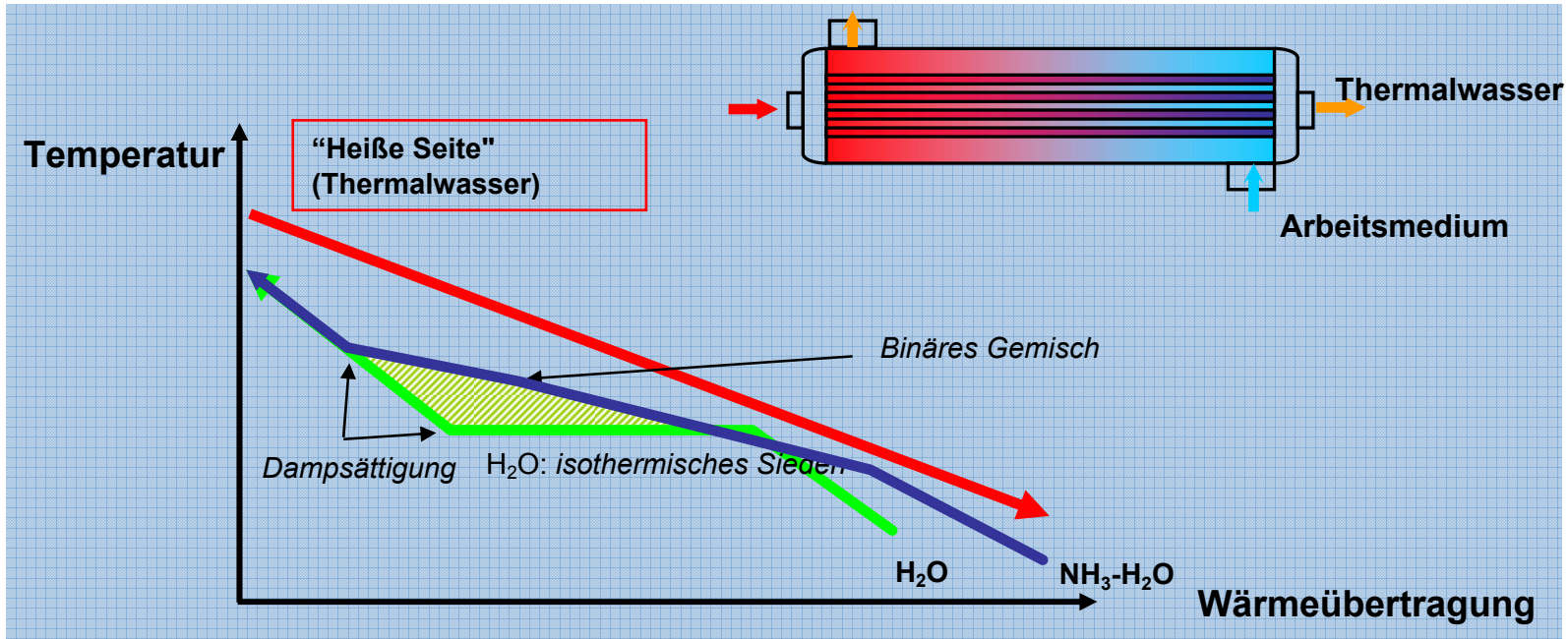


# Eine typische Kalina Wärmeschaltung



# 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

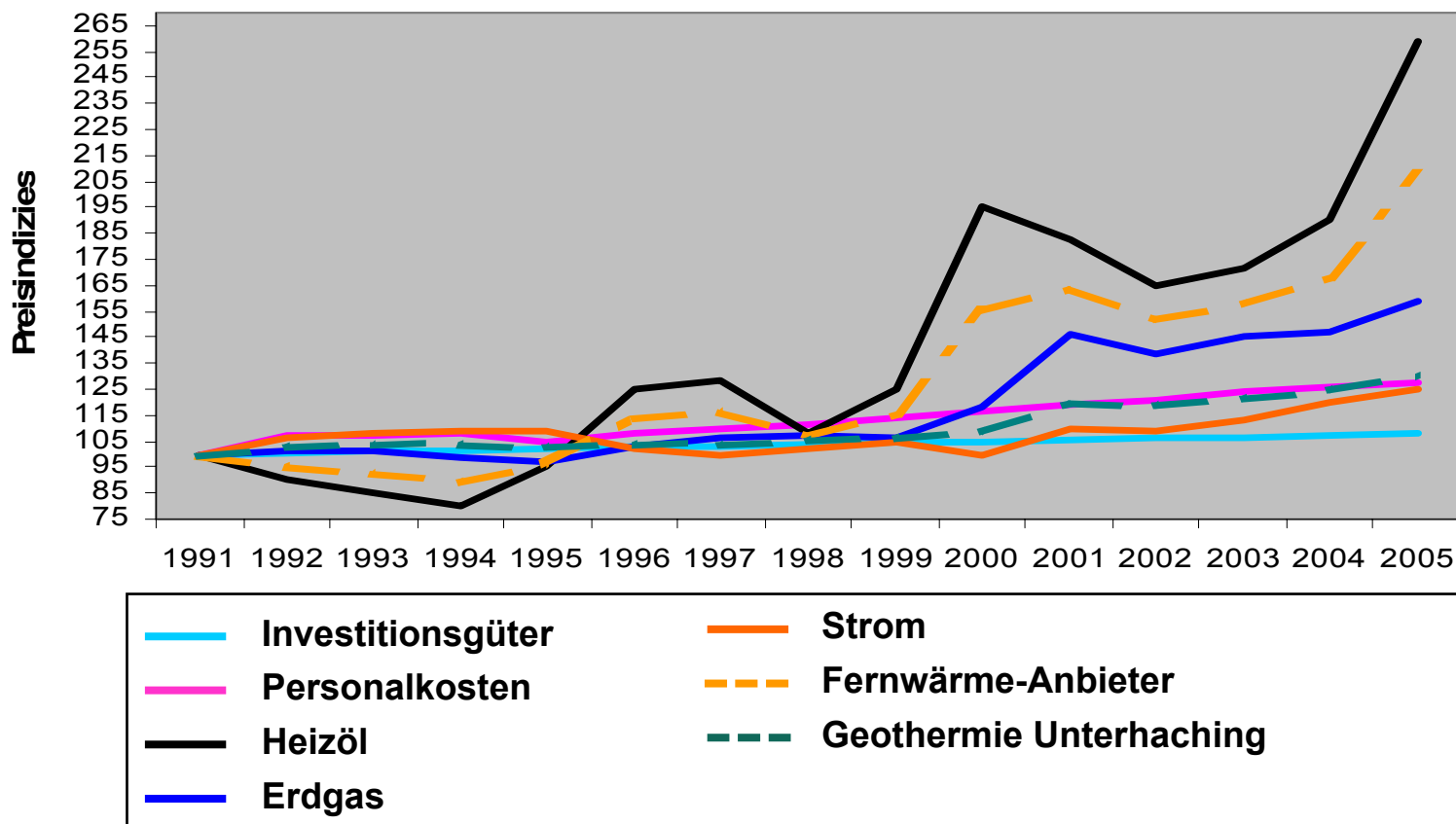
Wirtschaftlichkeit  
Investorenschutz

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**