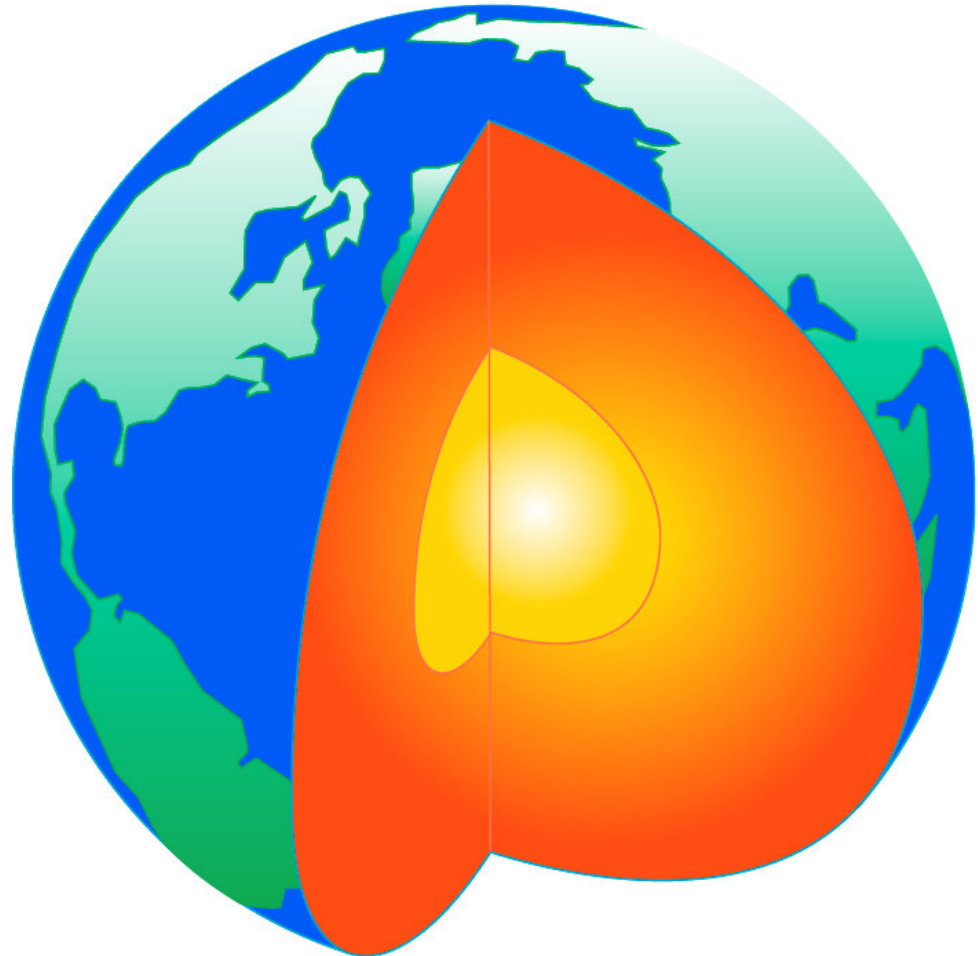


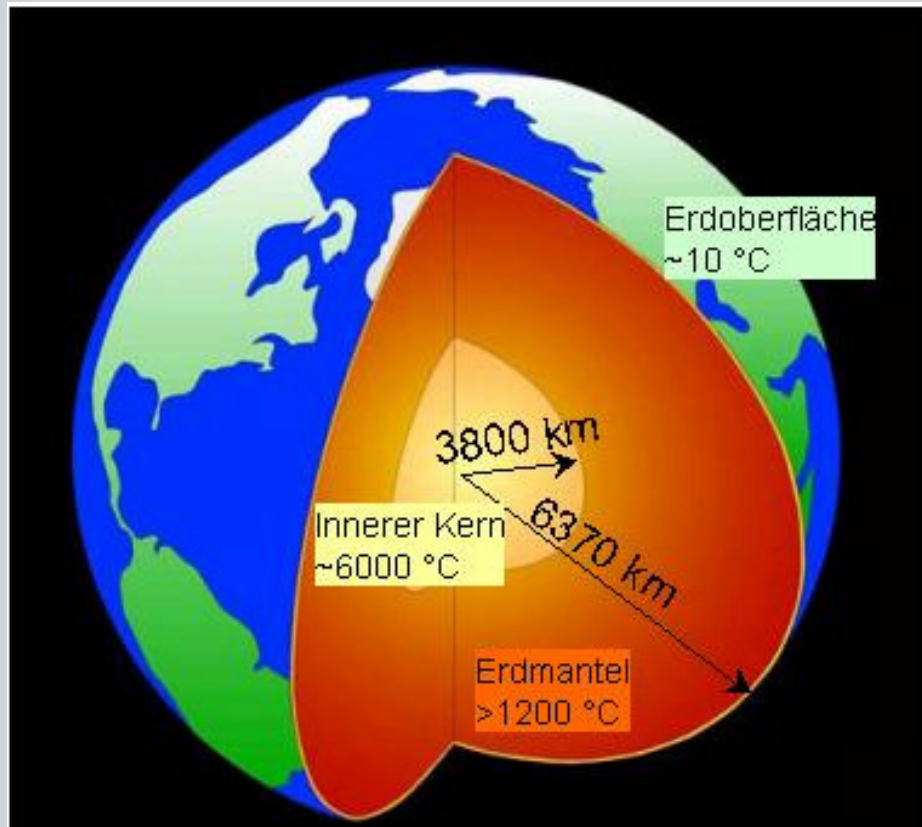
# Geothermie

SIEMENS

**die Energie  
der Zukunft ?**

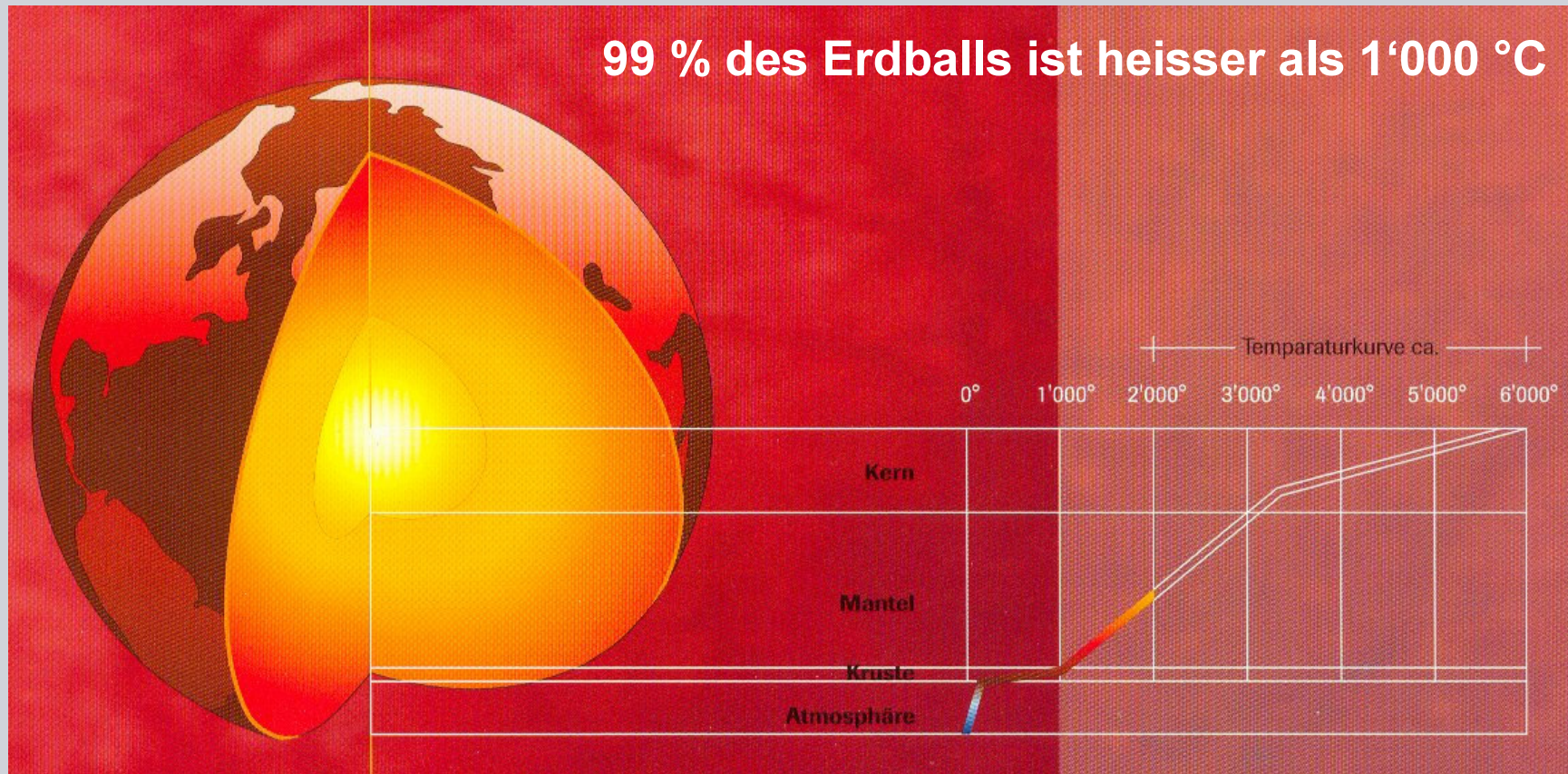


# Geothermie



- 99% der Erdmasse ist wärmer als 1000 °C.
- 0,1% der Erdmasse ist kälter als 100 °C.
- Durch laufenden radioaktiven Zerfall im Erdinnern wird Wärme produziert.
- Wärmeabstrahlung der Erde 40 TW.
- Abkühlung des Erdmantels ca. 8% in 3 Milliarden Jahren.
- Nutzung der Geothermie in festem Gestein der Erdkruste.

## Geothermie: Energie aus der Erde



Quelle: M. Häring

### Temperaturprofil der Erde

## Temperaturverlauf in der Erdkruste

**n°C**

---

100 m	+ 3 bis 4 °C
200 m	+ 6 bis 8 °C
-300 m	+ 9 bis 12 °C
-1000 m	...

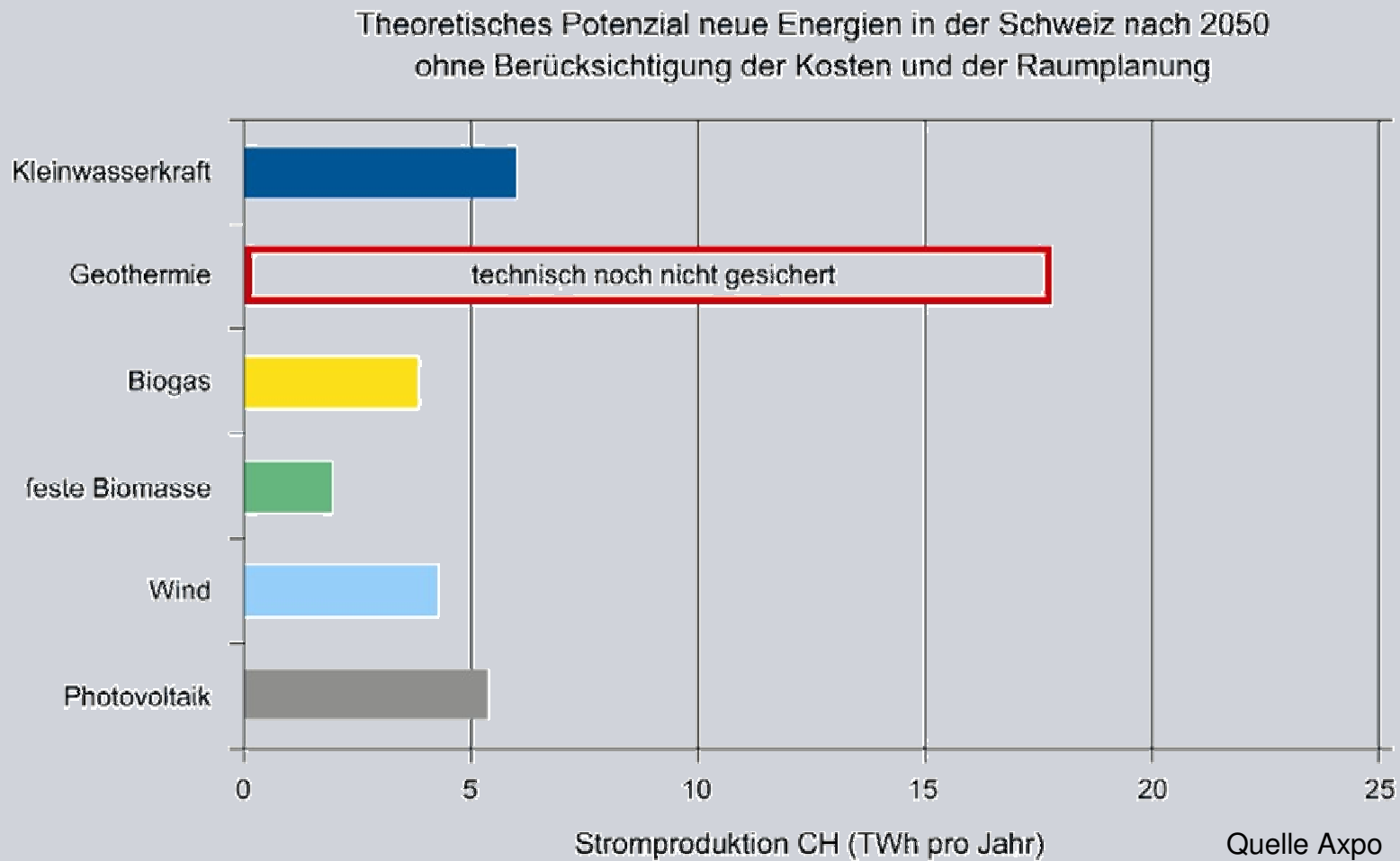
### Temperaturgradient:

3 - 4 °C pro 100 m

### Einflussfaktoren:

- Dicke der Erdkruste
- Klima
- Vergangene Eiszeiten

# Potenzial der geothermischen Stromproduktion in der Schweiz

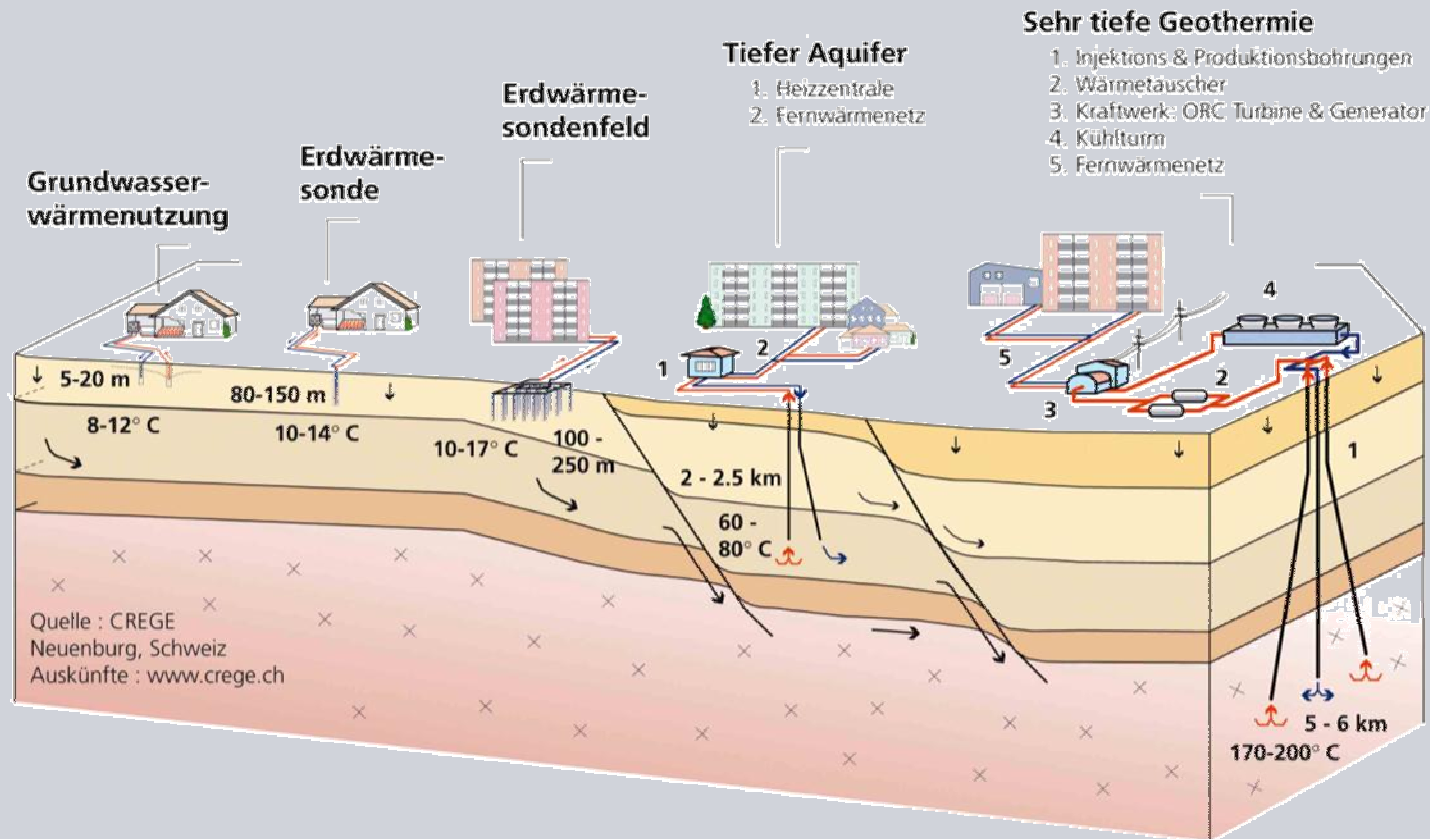


(Gesamtstromverbrauch 2008: 58 TWh)

## Potenzial der geothermischen Stromproduktion weltweit

- Keine konkreten Aussagen, da in vielen Ländern kaum oder keine Forschung betrieben wird.
- Studie Tester & Herzog:  
Das theoretische Potenzial in den USA auf Basis petrothermaler Systeme bzw. Enhanced Geothermal Systems EGS beträgt ein Mehrfaches des heutigen Verbrauchs.

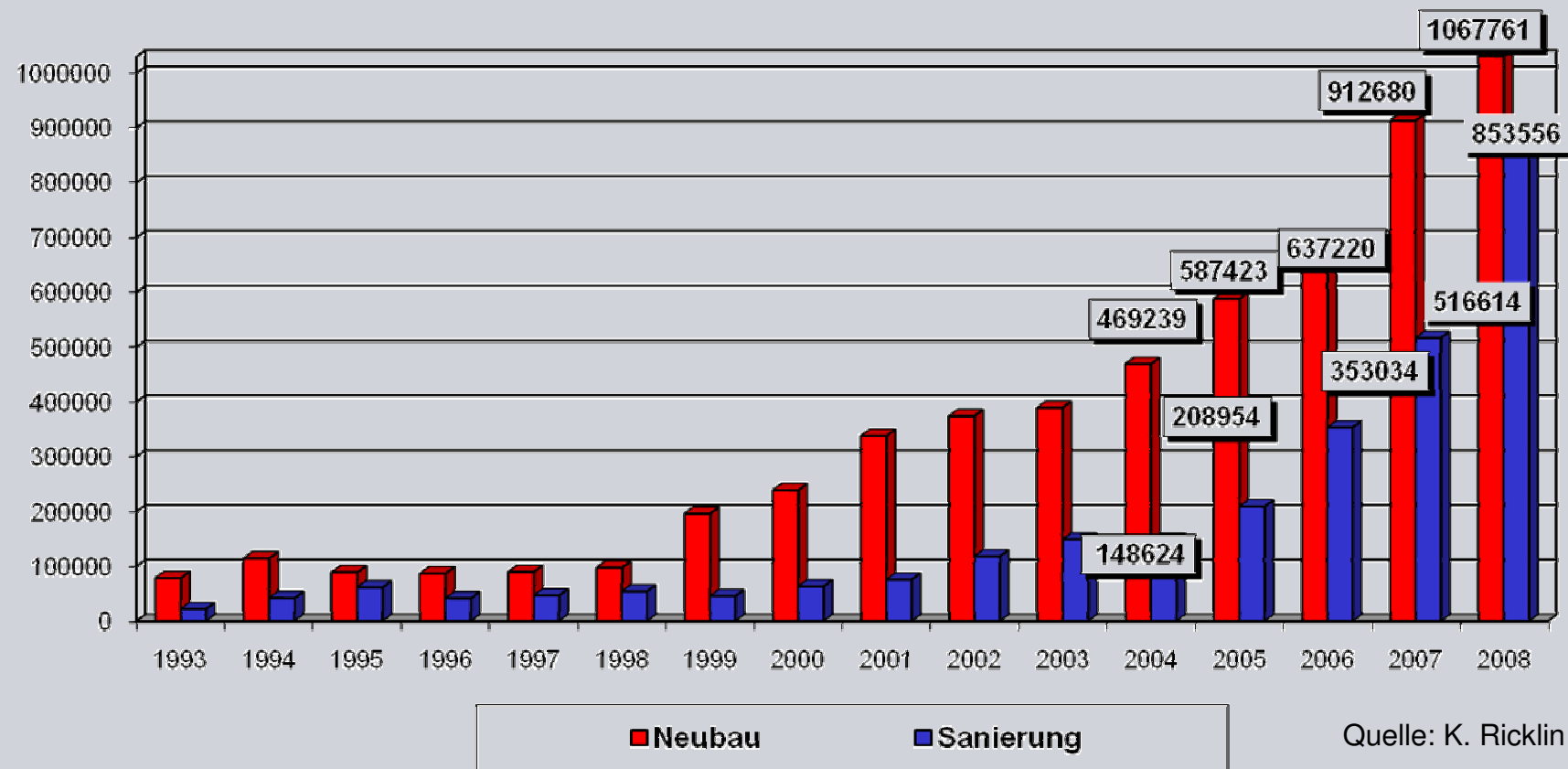
# Geothermie - Systeme



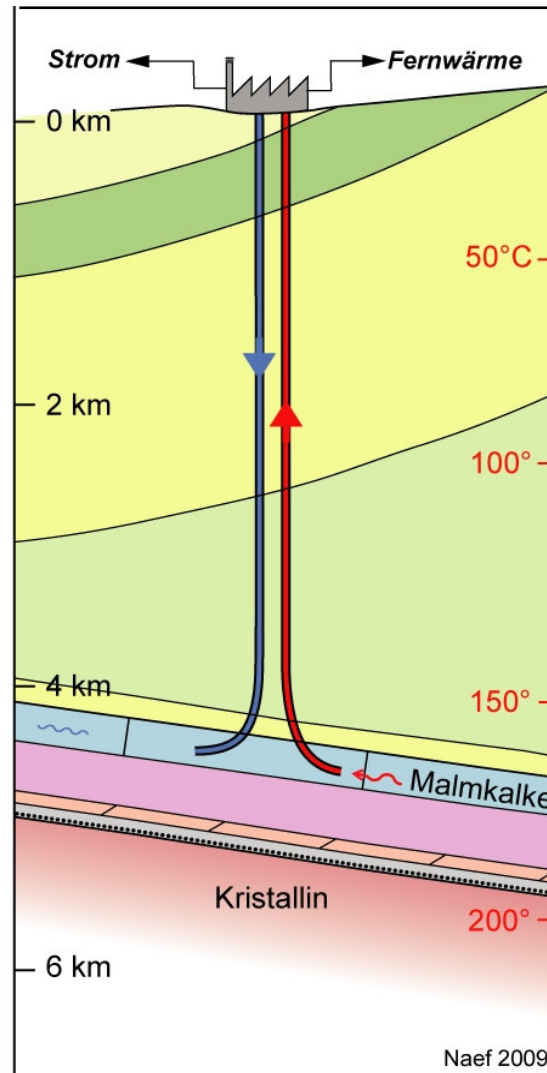
**Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie in unterschiedlichen Tiefenbereichen.  
Mit zunehmender Tiefe steigt die erreichbare Temperatur an. (Grafik:CREGE, Neuchâtel)**

## Erdwärmennutzung in der Schweiz im Bereich bis 300 m

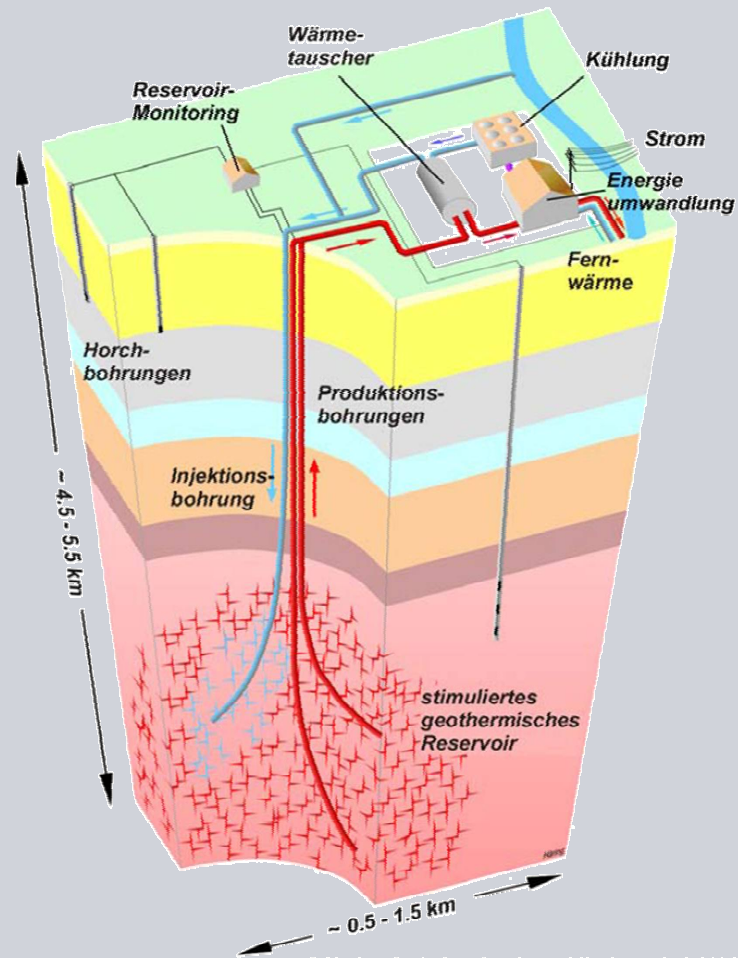
- > 55'000 Erdwärmesonden-Anlagen (Ende 2008)
- ~ 4'200 Grundwasser-Anlagen in der Schweiz in Betrieb
- 2008 rund 1900 Kilometer zur Erdwärmennutzung gebohrt



# Hydrothermale Tiefengeothermie

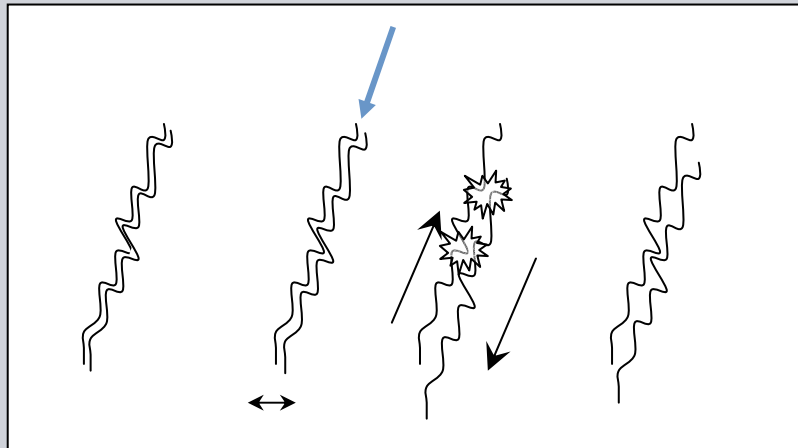


# Petrothermale Tiefengeothermie: Enhanced Geothermal Systems EGS

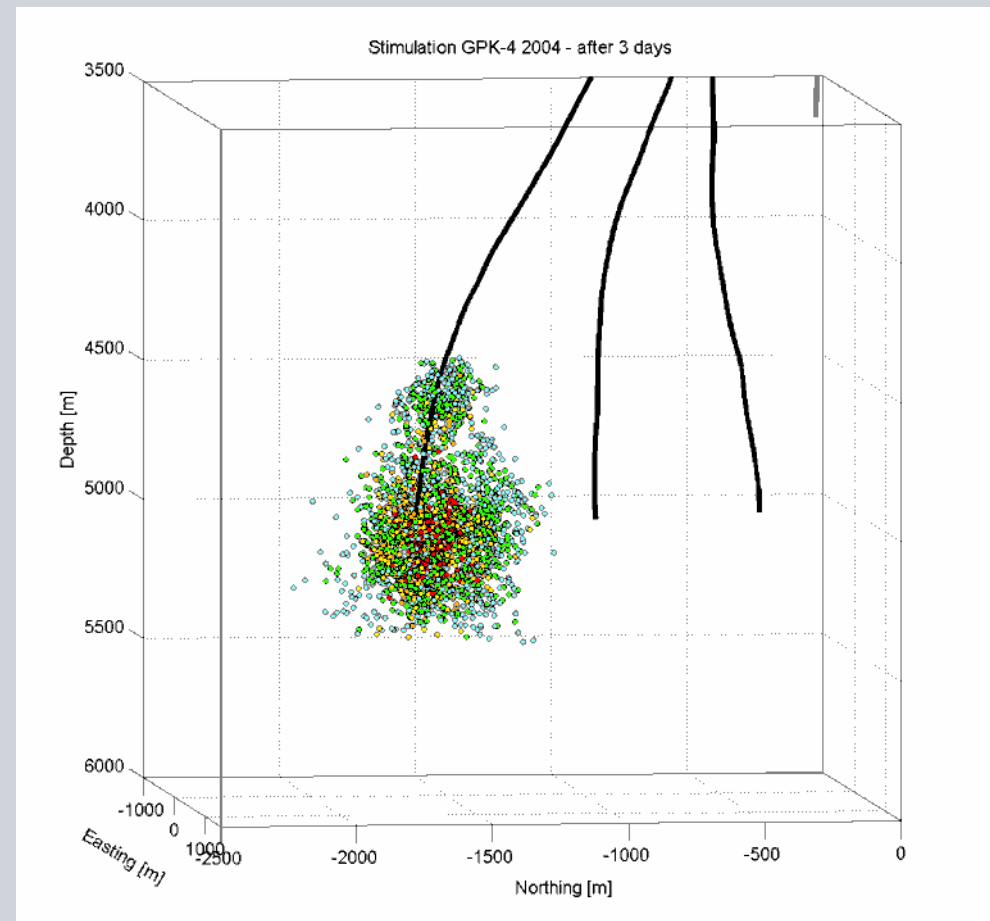


© Markus O. Häring, Geothermal Explorers Ltd, 2007

## EGS: Erzeugen des Kluftnetzes durch hydraulische Stimulation

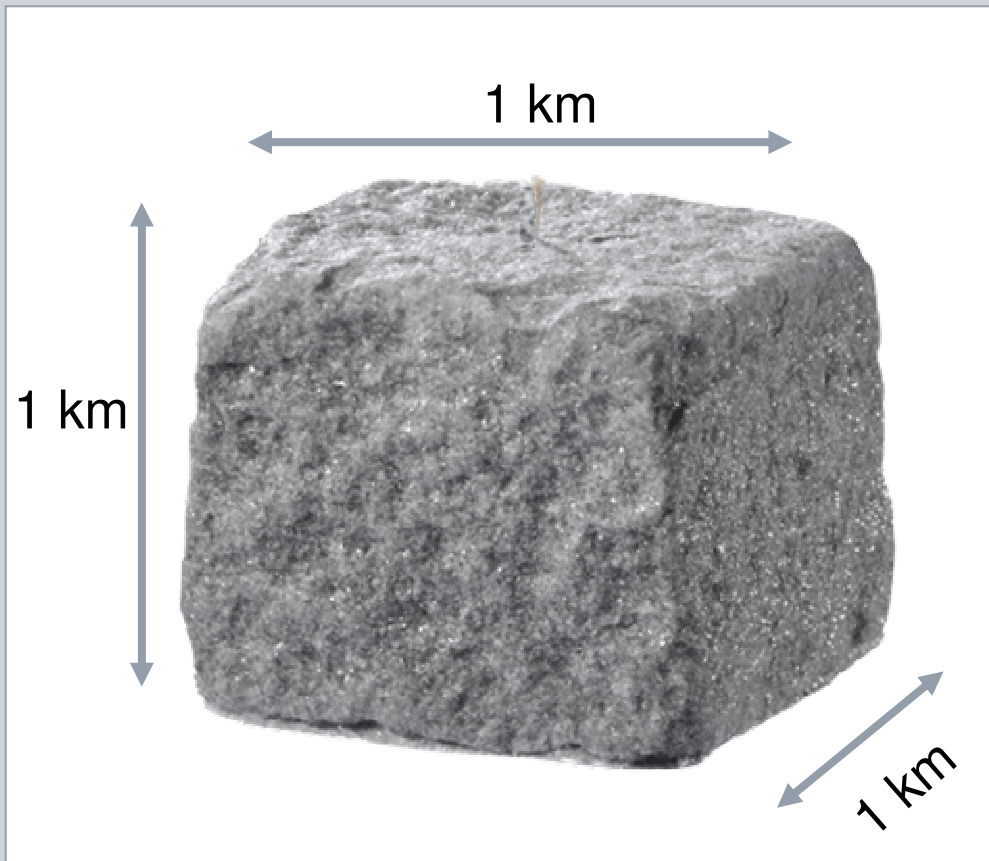


Mikroseismik



Quelle: K. Ricklin

## Energie - Inhalt eines petronalen Systems

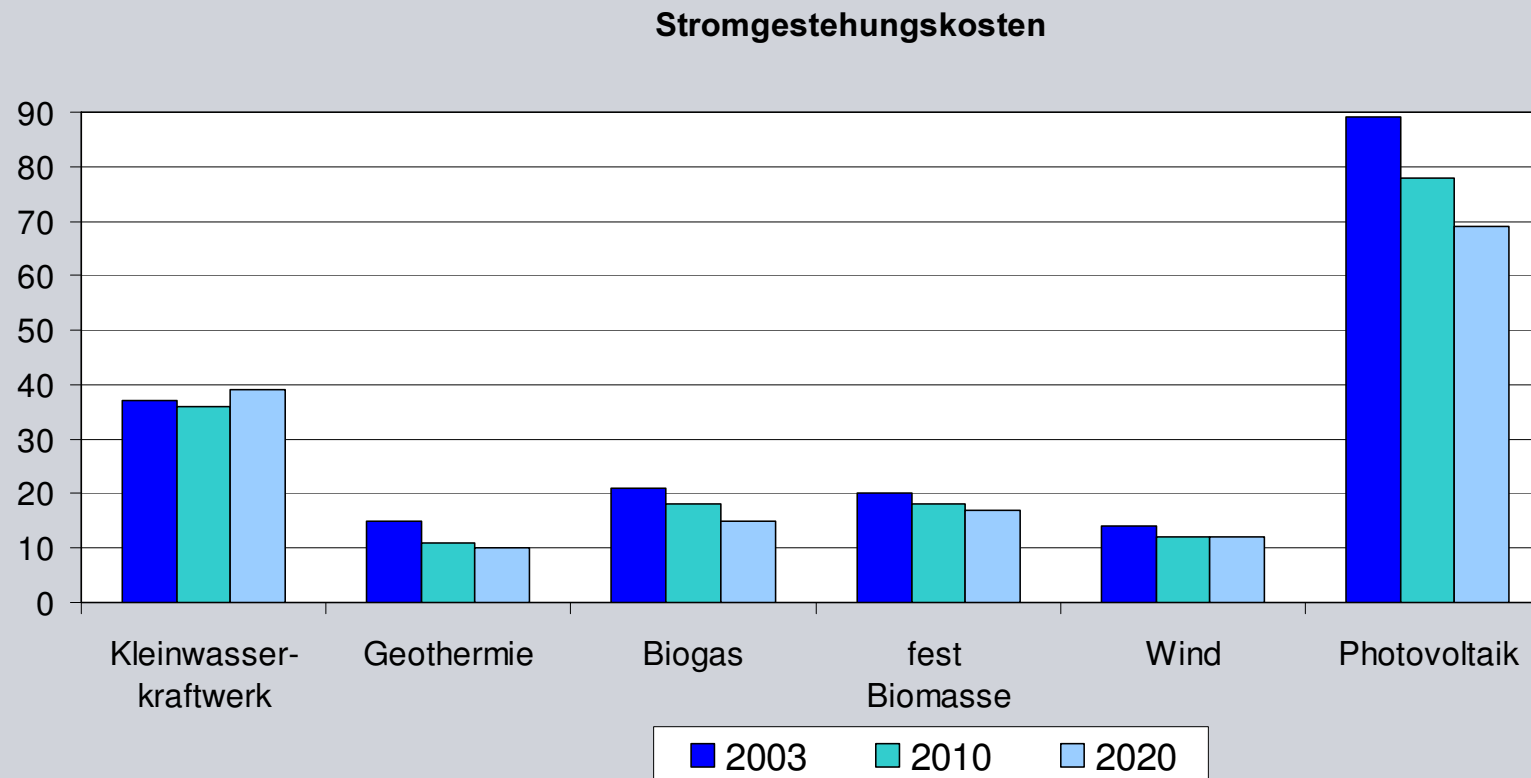


1 km<sup>3</sup> Granit, 200 °C warm liefert während 20 Jahren 10 MW Strom, d.h. für 10'000 Personen oder Heizwärme für 350'000 Wohnungen.

Dabei kühlt er sich von 200 °C auf 180 °C ab.

Quelle: G. Siddiqi

# Stromgestehungskosten von erneuerbaren Energien



Quelle: Axpo

## **Umweltbelastung durch Geothermie-Nutzung**

### **Während dem Bau einer Anlage:**

- Kühlwasser / Schlamm
- Lärm
- Luftbelastung - Austritt von z.B. Schwefelgasen

### **Während dem Betrieb:**

- Ventilatorgeräusch (Kühlturm)
- Dampf Wolke (Kühlturm)

## Geothermie Projekte in der Schweiz

### Basel (EGS-System)

- Attraktiver Standort: Guter Wärmegradient  
Bestehendes Fernwärmenetz  
Innovative Region
- 8. Dezember 2006: Durch Stimulation des geoth. Reservoirs  
auslösen eines Erdbebens mit einer  
Magnitude von  $M_L$  3,4
- Stopp des Projektes und Erstellen einer Risikoanalyse
- Es wurden Gebäudeschäden von CHF 7 Mio. gemeldet.

(Erdbeben bis  $M_L$  3,5 werden als leichte Erdbeben bezeichnet,  
d.h. ohne Gebäudeschäden)

# Geothermie Projekte in der Schweiz

## Basel (EGS-System)

Fazit der Studie:

- Seismisches Risiko in Basel ist ungünstig
  - > 8 grössere Verwerfungen im Raum Basel
  - > Erdbeben entstehen entlang von Verwerfungen  
(andere Standorte in der Schweiz haben ein wesentlich geringeres Risiko)
- Im Vergleich zu anderen Geothermie-Projekten, aussergewöhnlich starkes Erdbeben.
- Weitere Erdbeben bis  $M_L$  4,5 während des Ausbaus sind zu erwarten.
- Während des 30-jährigen Betriebes muss mit 14 - 170 spürbaren Erdbeben gerechnet werden.
- Risiko von Personenschäden gering.

## Geothermie Projekte in der Schweiz

### Basel (EGS-System)

Fazit der Studie:

- Risiko von Sachschäden beim Bau ca. CHF 140 Mio., im Extremfall bis 600 Mio. bei einer Wahrscheinlichkeit von 15%,
- Risiko von Sachschäden während des 30-jährigen Betriebs 6 Mio. pro Jahr.
- Aufgrund der Ergebnisse der Studie wird das Projekt nicht weiter verfolgt.
- Grosser Schritt auf der Lernkurve dank Vielzahl von Messergebnissen und Erkenntnissen.

## **Geothermie Projekte in der Schweiz**

### **Zürich: Hydrothermales Projekt**

- 14.02.2010 Bohrtiefe von 2708 m im Kristallin erreicht.
- Keine Wasser führende Schichten gefunden.
- Bohrloch ist durchgehend verrohrt.
- Zur Zeit wird geprüft, die Erdwärme mittels einer tiefen Erdsonde zu nutzen.  
Entscheid Mitte 2010
- Nach Auswertung der zahlreichen Messwerte erhält man einen detaillierten Einblick in den Untergrund von Zürich.

## Geothermie Projekte in der Schweiz

### St. Gallen: Hydrothermales Projekt

- Nutzung zur Stromproduktion und Wärmegewinnung
- Machbarkeitsstudie abgeschlossen
- Seismische Messungen durchgeführt.
- Erste Ergebnisse:
  - > Untergrund in St. Gallen für die Nutzung von tiefer Erdwärme geeignet
  - > Wasserführende Gesteinsschicht (Malmkalk) liegt voraussichtlich in 4100 m Tiefe
  - > Wassertemperatur ca. 170°C
  - > Gewissheit erlangt man erst mit der 1. Bohrung
- Projektkredit kommt im Herbst 2010 zur Abstimmung.

## Geothermie Projekte in der Schweiz

### Weitere Projekte:

- |                |                        |
|----------------|------------------------|
| ■ Brigerbad VS | 300 m Bohrung<br>40 °C |
| ■ Thônex GE    | Konzeptphase           |
| ■ Lavey VD     | Konzeptphase           |
| ■ Etoy VD      | Konzeptphase           |

## **Geothermie Projekte im Ausland**

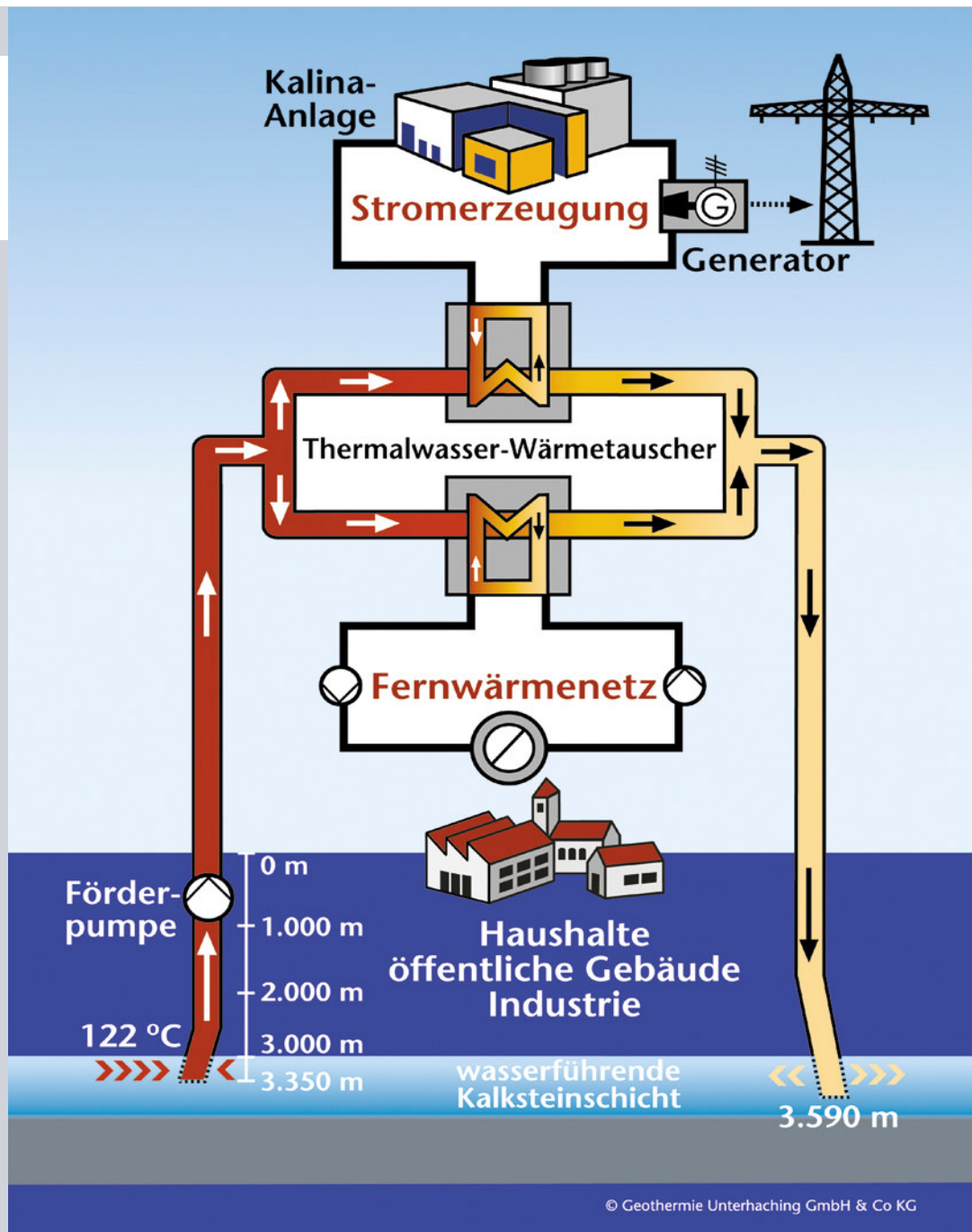
2007 waren weltweit Kraftwerke mit einer Leistung von ca. 10 GWel installiert (entspricht 0,3% der weltweiten Stromproduktion)

### **Standorte:**

Vulkanische Gebiete: Italien, Island, Philippinen, Mexico,  
Japan, Neuseeland

**Tiefengeothermie:** Soultz sous Forel  
Bruchsal  
Landau  
Unterhaching





© Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG

Fernwärmenetz der



Stand 09/2009

## Fakten

Thermische Leistung	30 MW
Elektrische Leistung	3,4 MW
Bandenergie	24 Stunden an 7 Tagen der Woche
CO <sub>2</sub> -Emmission	–
Geräuscentwicklung	Minimal
Ausbau der Fernwärmeheizung	In 10 Jahren auf 80 MW
Abdeckung der Heizenergie und der elektrischen Energie	70% von Unterhaching (22'000 Einwohner)
CO <sub>2</sub> -Reduktion in Unterhaching	Von 60'000 t auf 20'000 t pro Jahr
Anschlusskosten an das Fernwärmenetz	ca. € 1400.– pro Einfamilienhaus
Marktanteil bei Heizenergie	Nach 18 Monaten Betrieb 25% (kein Anschlussobligatorium)
Bau, Finanzierung und Betrieb	Gemeinde
Standort	Am Rand der Wohnzone

## Investitionen

	€
Bohrung	22 Mio
Kraftwerk inkl. Gebäude, Pumpen, Pipeline von Injektionsbohrung zu Kraftwerk	20 Mio
Fernwärmenetz, Heizwerk, Wärmetauscher	30 Mio
Sonstiges	5 Mio

## Amortisation

Amortisationszeit 15 Jahre, basierend auf folgenden Energiekosten:

Wärme	€ 0,06 pro kWh inkl. MwSt zusätzlich Grundpreise bis 50 kW-Anschlussleistung von € 2,68 pro Monat und kW
Elektrizität	€ 0,23 pro kWh

## Die Zukunft der Geothermie in der Schweiz

- Basel und Zürich sind Pilot- / Forschungsprojekte, die sehr viel neue Daten lieferten.
  - Für breite Anwendung der Tiefengeothermie ist noch viel Forschungsaufwand nötig.
  - Mit der ETH und UNI Neuenburg haben wir sehr gute Forschungs-Voraussetzungen.  
(Geologie, Geophysik, Erdwissenschaften, Bohrtechnik, Energiekonversion)
  - Forschungsbudget des Bundes 2007: 174 Mio. CHF
- 
- |       |                       |           |
|-------|-----------------------|-----------|
| davon | - Energieeffizienz    | 67,0 Mio. |
|       | - Kernenergie         | 52,0 Mio. |
|       | - Erneuerbare Energie | 39,0 Mio. |
|       | davon - Photovoltaik  | 11,5 Mio. |
|       | - Geothermie          | 1,2 Mio.  |

## Fazit

- Geothermie ist eine einheimische CO<sub>2</sub>-freie, unerschöpfliche, 365 Tage / 24 Stunden verfügbare, kostengünstige Energie.
- Im Ausland gibt es erfolgreiche Projekte. In der Schweiz werden wir das in Kürze auch schaffen.
- Für eine breite Anwendung der Tiefengeothermie ist ein massiv grösserer Forschungsaufwand als heute nötig.  
Für die Kernenergie hat der Staat schon viel hundert Millionen investiert.
- Um eine 1-Tonne-CO<sub>2</sub>-Gesellschaft zu erreichen, wird der Stromkonsum zunehmen (e-mobility, IT, Wärmepumpen usw.)  
Dazu kann die Geothermie einen namhaften Beitrag leisten.

**Mit der Geothermie verbessern wir unsere Energie-Autonomie.**

**Geothermie - die Energie der Zukunft !**