

Multitalent Geothermie – Möglichkeiten zur Nutzung der Erdwärme

Pensioniertenvereinigung Axpo – NOK

Wettingen | 15.11.2011

Patrick Meier | Projektmitarbeiter Geothermie

Übersicht

Inhalt

- Was ist Geothermie?
- Tiefe Geothermie in der Schweiz
- Axpo: Ziele und Strategie zur Nutzung der Tiefen Geothermie
- Geothermieprojekt Taufkirchen
- Geothermie aus gutem Grund
- Fazit

Warum Geothermie ?

Bernhard von Cotta empfahl 1858 erstmals die technische Nutzung der Geothermie

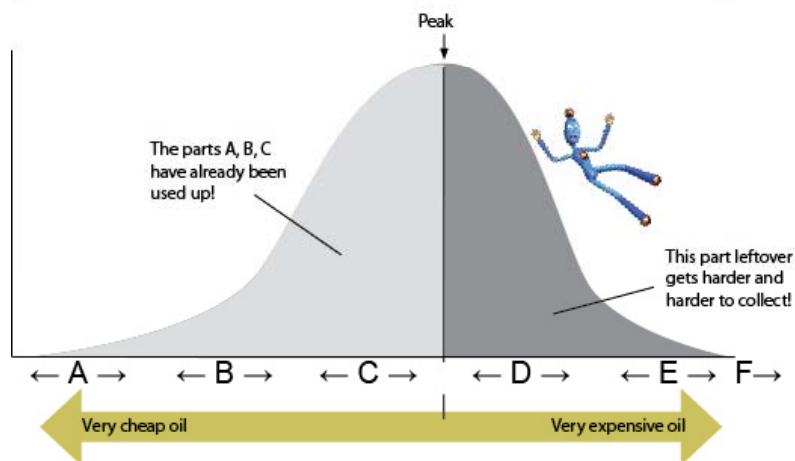
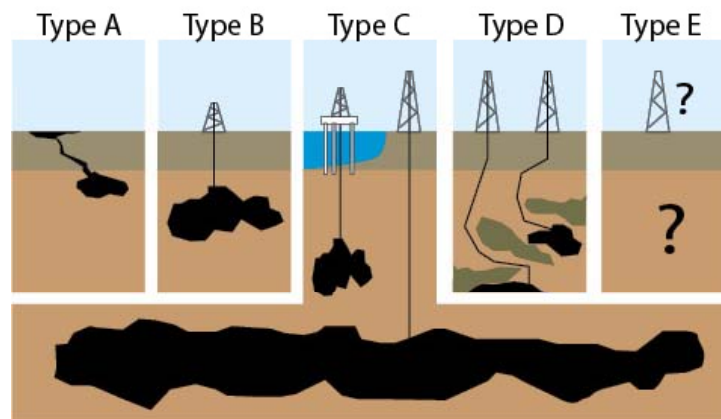
"Diese hohe Temperatur, welche schon jetzt von unermesslicher Wichtigkeit für den Menschen und die Zustände seiner Existenz ist, könnte möglicherweise in später Zukunft noch eine neue wichtige Rolle unter den Hilfsmitteln des menschlichen Lebens spielen. Sollten einst auf der mehr und mehr bevölkerten Erde die Wälder überall stark gelichtet und die Kohlenlager erschöpft sein, so ist es wohl denkbar, dass man die Innenwärme der Erde sich mehr und mehr dienstbar macht, dass man sie durch besondere Vorrichtungen in Schächten oder Bohrlöchern zur Oberfläche leitet und zur Erwärmung der Wohnungen oder selbst zur Heizung von Maschinen verwendet. Man wird freilich nicht früher allgemein und mit Vortheil zu dieser ... Wärmequelle greifen, bis ein empfindlicher Mangel an Brennmaterial dazu nötigt; dann aber bleibt die Wärme der Mutter-Erde eine sichere letzte Zuflucht."



Carl Bernhard von Cotta
(1808 -1879) war ein bedeutender deutscher Geologe und Bergbau-Wissenschaftler

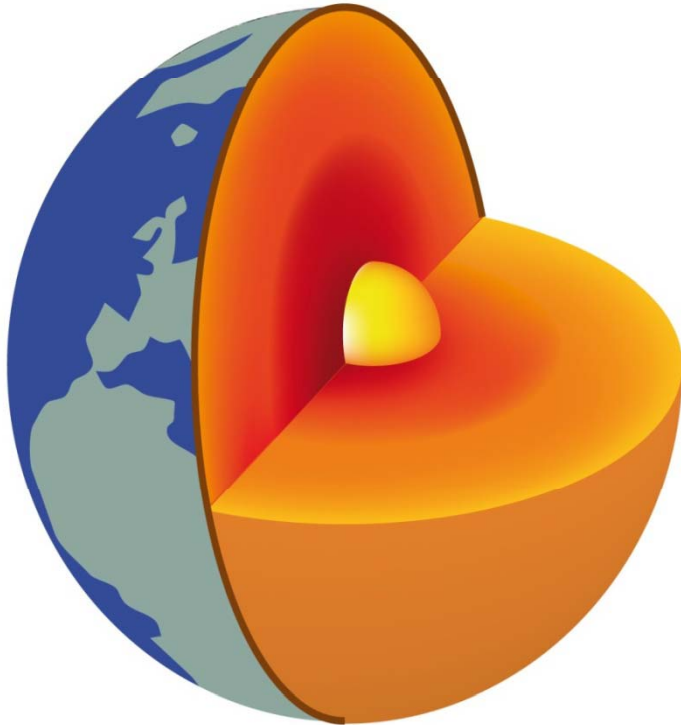
Warum Geothermie?

Peak Oil



Quelle: ASPO

Was ist Geothermie?



99%

unseres Planeten sind
heisser als 1000°C .

→ davon wird zurzeit
praktisch nichts
genutzt

Eine Ressource, die weitgehend mit der Technik der Erdöl- und Erdgas-
Industrie erschlossen werden kann.

Was ist Geothermie?

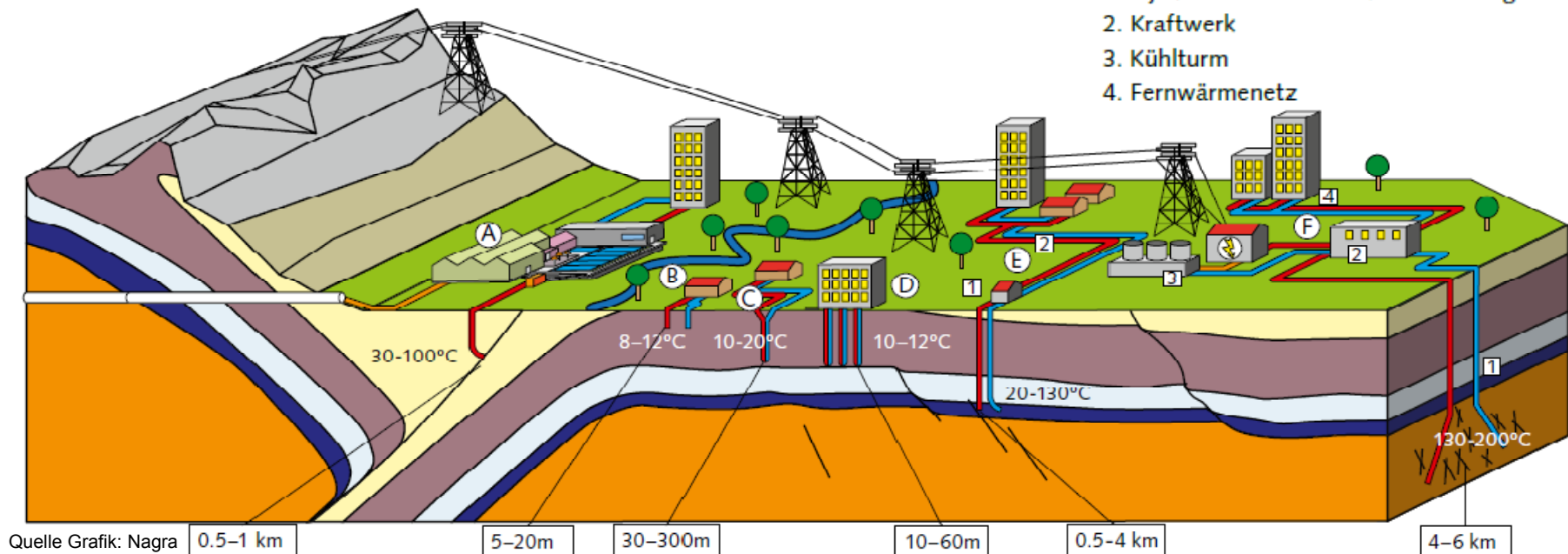
Nutzungsarten der Geothermie

Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m)

- A. Tunnelwärme und Thermalwasser (Wärme)
- B. Grundwasserwärmenutzung (Wärme)
- C. Erdwärmesonde (heizen, kühlen)
- D. Energiepfähle und Gestrukturen (Wärme)

Tiefe Geothermie (3 – 6 km)

- E. Tiefer Aquifer (Strom und Wärme)
 - 1. Heizzentrale
 - 2. Fernwärmenetz
- F. Sehr tiefe Geothermie (Strom und Wärme)
 - 1. Injektions- und Produktionsbohrungen
 - 2. Kraftwerk
 - 3. Kühlturm
 - 4. Fernwärmenetz



Was ist Geothermie?

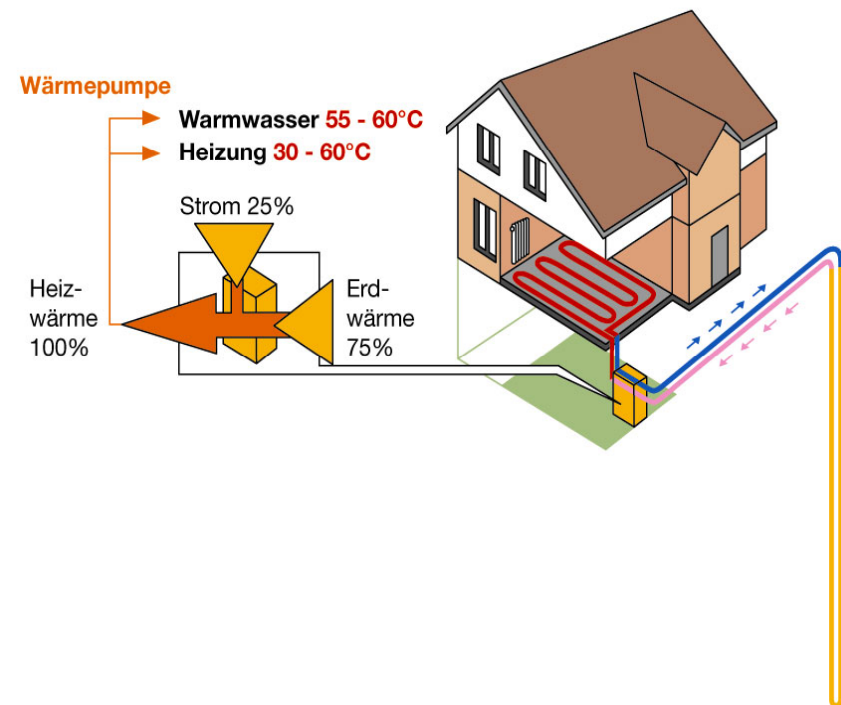
Untiefe Geothermie - etablierte Technologie in der Schweiz

Technik

- Wärmepumpe + Erdwärmesonde
- Ab 15 m Tiefe praktisch ganzjährig konstante Temperatur ($\sim 10^{\circ}\text{C}$)

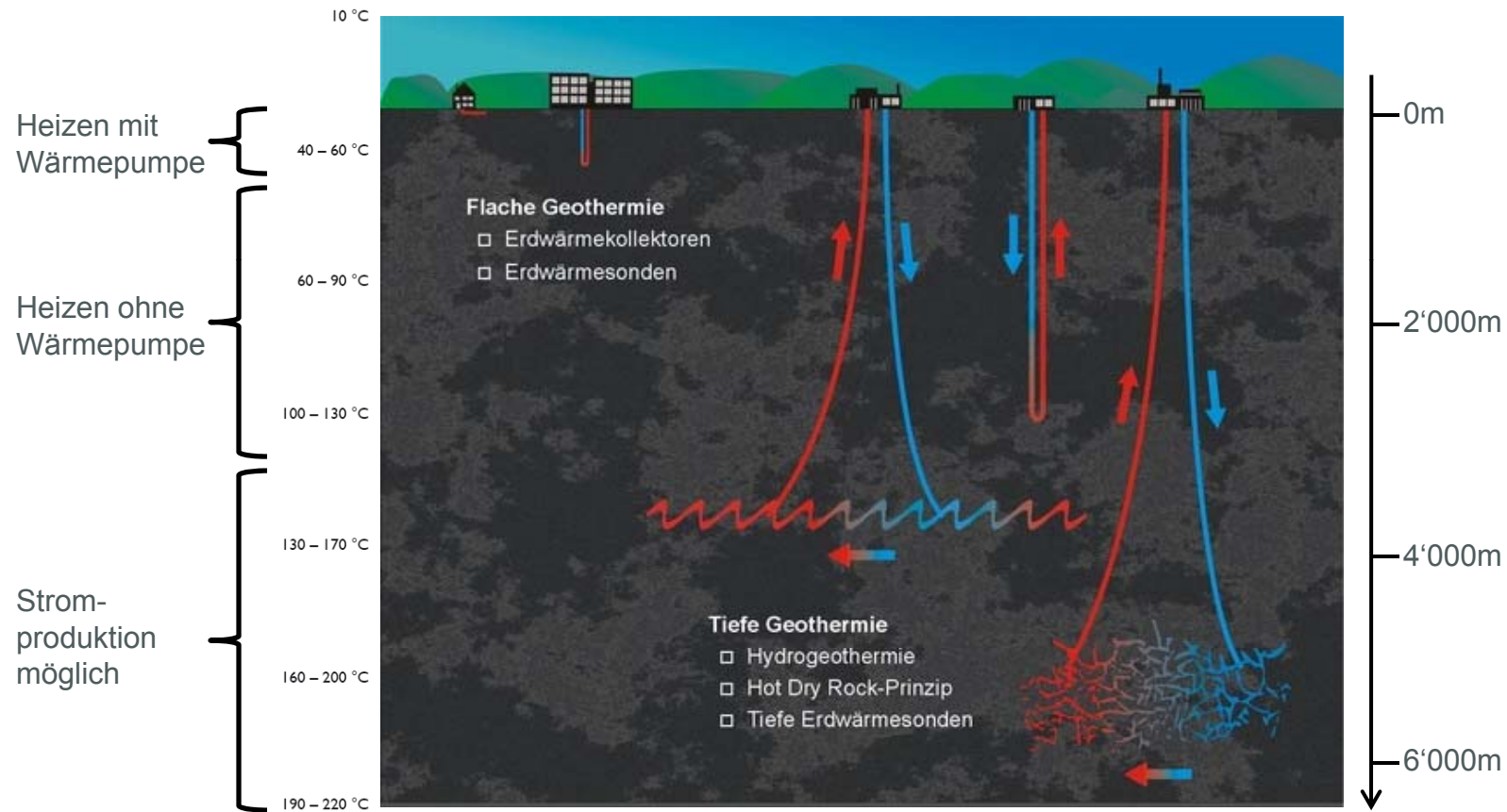
Verbreitung 2009

- 75% aller Neubauten verfügen über eine Wärmepumpe (Wohngebäude)
- Schweiz führend



Was ist Geothermie?

Anwendungen in der Schweiz



Was ist Geothermie?



Die geothermische Stromerzeugung begann 1913 in der Toskana mit der Erstellung eines $220 \text{ kW}_{\text{el}}$ Kraftwerks durch Graf Conti.

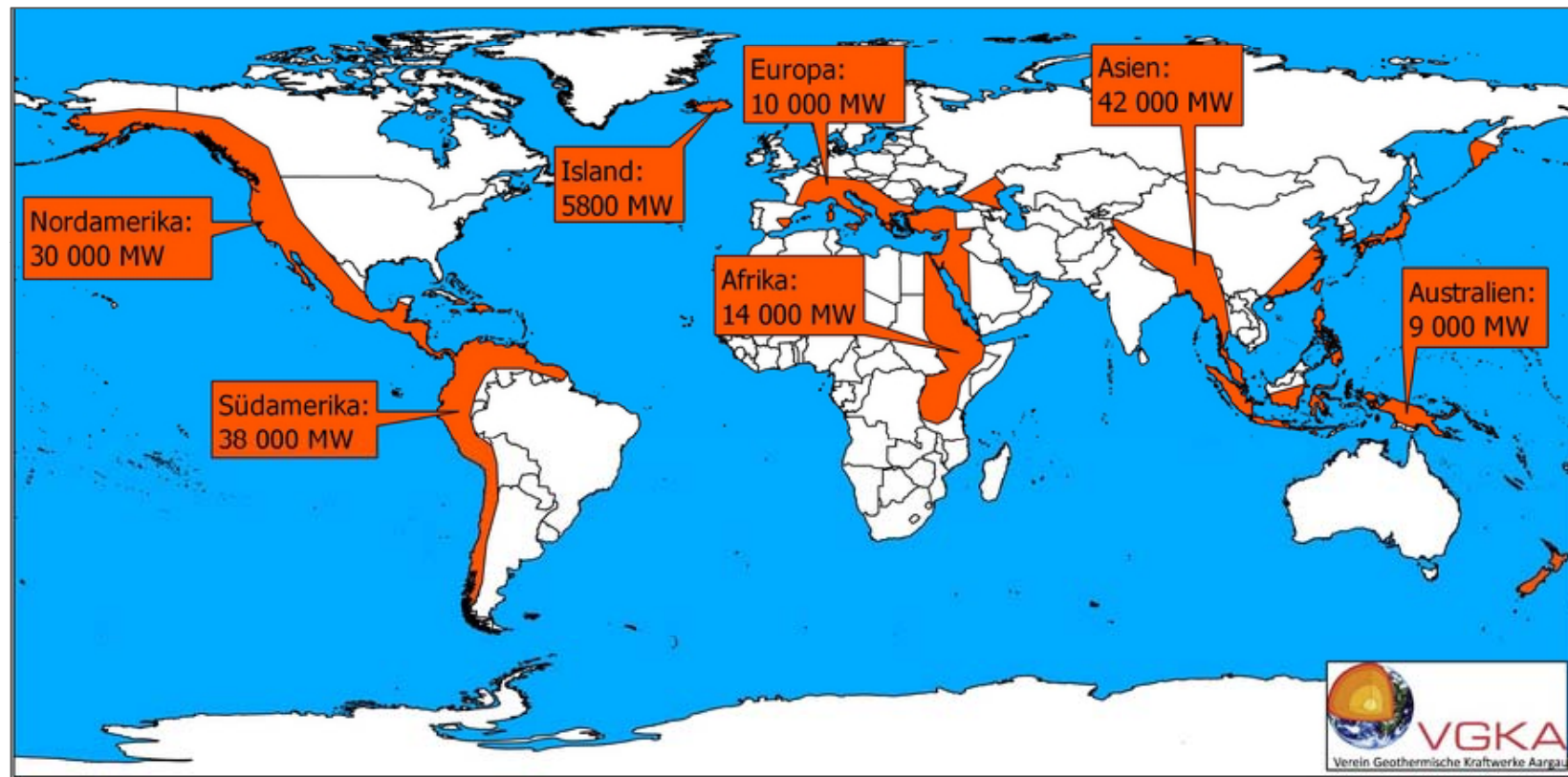
Was ist Geothermie?



Heute sind in Toskana
Geothermiekraftwerke mit
einer Leistung von $750 \text{ MW}_{\text{el}}$
installiert.

Was ist Geothermie?

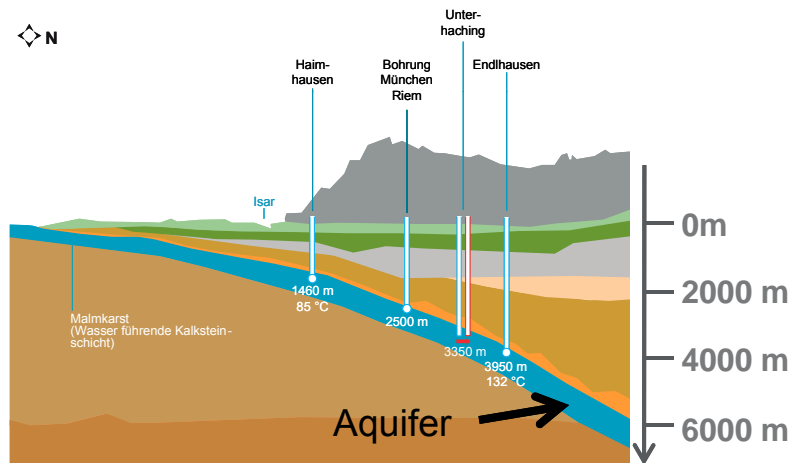
Chancen



Was ist Geothermie?

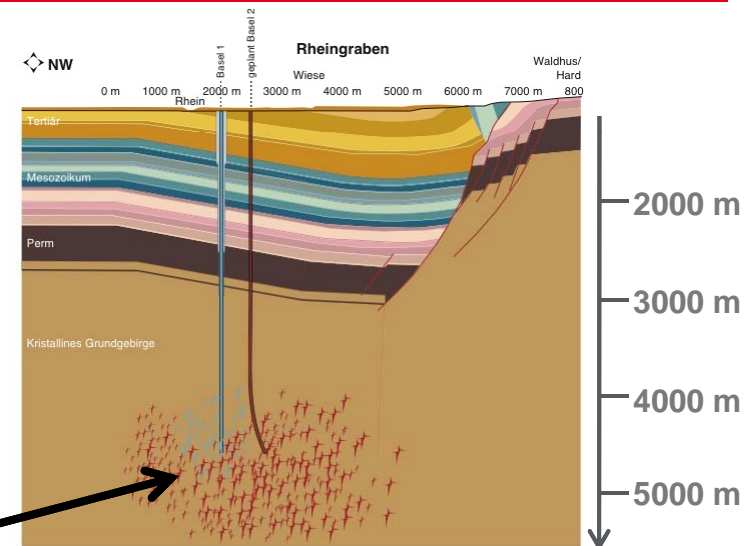
Hydrothermale und EGS - Systeme

Hydrothermal



- Mehrere Projekte in Europa in Betrieb und im Bau
- Potenzial Schweiz:
 - Beschränkt

Petrothermal (EGS) Enhanced Geothermal Systems



Künstlich erzeugtes Rissystem

- Ein Pilotprojekt in Europa in Betrieb; weltweit mehrere geplant, wenige im Bau
- Potenzial Schweiz und weltweit:
 - Sehr gross

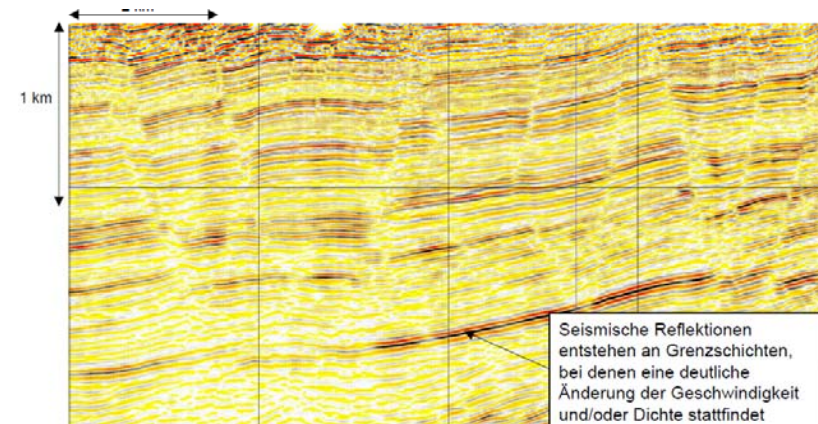
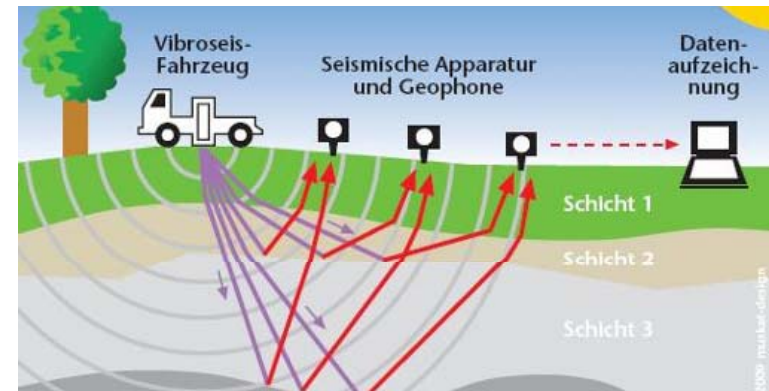
Was ist Geothermie?

Ohne Exploration keine neuen Projekte



Ziele der seismischen Erkundung

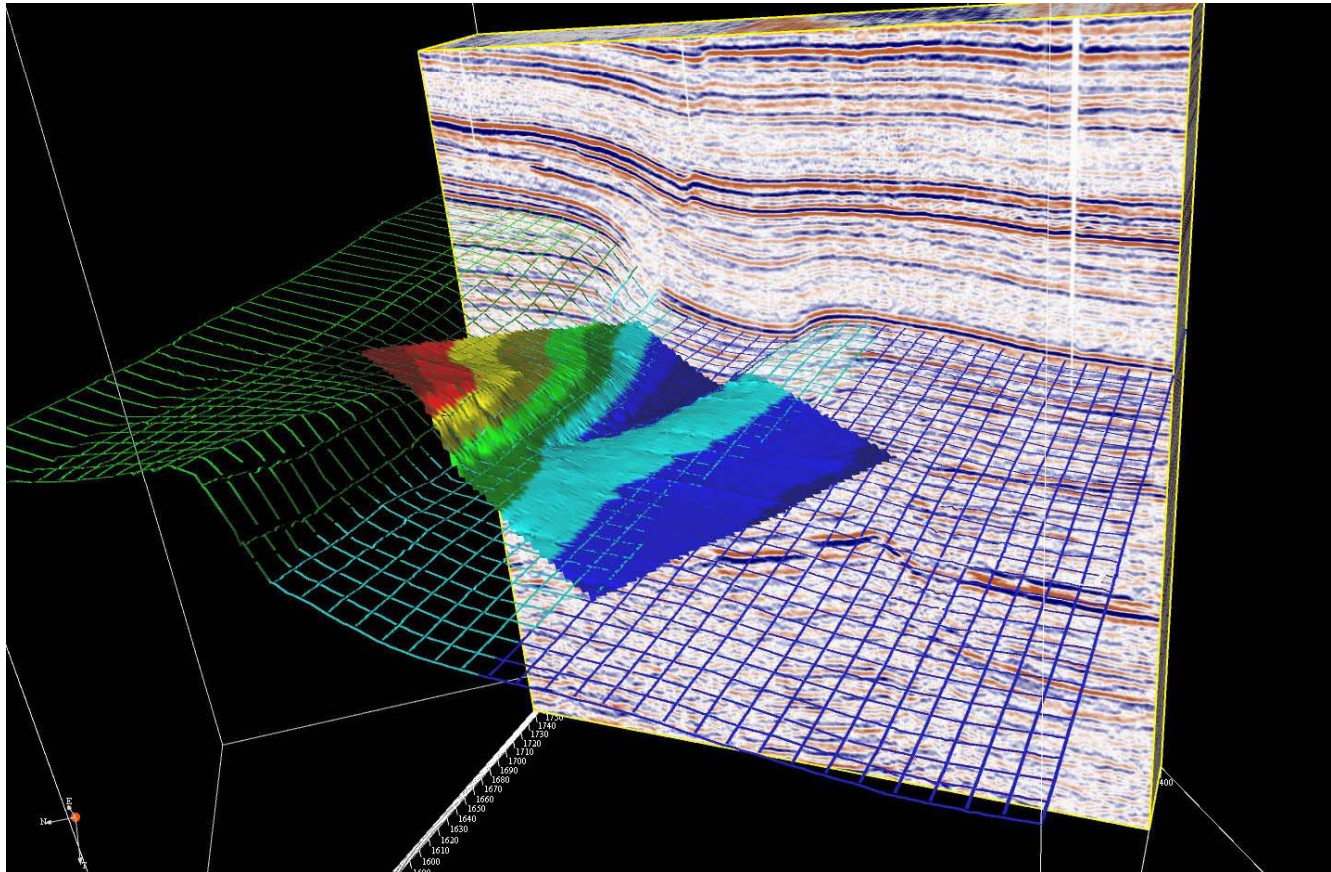
- Erkundung von Störungszonen
- Fündigkeitsrisiko minimieren
- Planung der Bohrpfade für Explorations- und Produktionsbohrungen



Quelle: DMT, 2008

Was ist Geothermie?

3 D Seismik



Was ist Geothermie?

Bohrtechnik

Erfolgsfaktoren

- Sorgfältige Planung und Kontrolle
- Erfahrene Bohr- und Servicefirmen
- Erprobte Bohrtechnik

Herausforderungen

- Tiefbohrungen sind der wesentliche Kostenfaktor bei der Erstellung geothermischer Kraftwerke:
 - Grosse Bohrdurchmesser, abgelenkte Bohrungen, ...
- In einem ganzheitlichen Ansatz müssen der gesamte Bohrungsablauf optimiert und durch Kombination innovativer Technologien die Effizienz gegenüber herkömmlichen Konzepten gesteigert werden
- Die Kosten für Komplettierung einer Bohrung sollen zukünftig möglichst reduziert werden (e.g. expandable tubular casings, BHA...)



Was ist Geothermie?

Typisches Geothermiekraftwerk

Stromproduktion

- $3.4 \text{ MW}_{\text{el}} @ 8000 \text{ h/a} \rightarrow 32 \text{ GWh/a}$

Wärmeproduktion

- $38 \text{ MW}_{\text{th}} @ 3500 \text{ h/a} \rightarrow 130 \text{ GWh/a}$



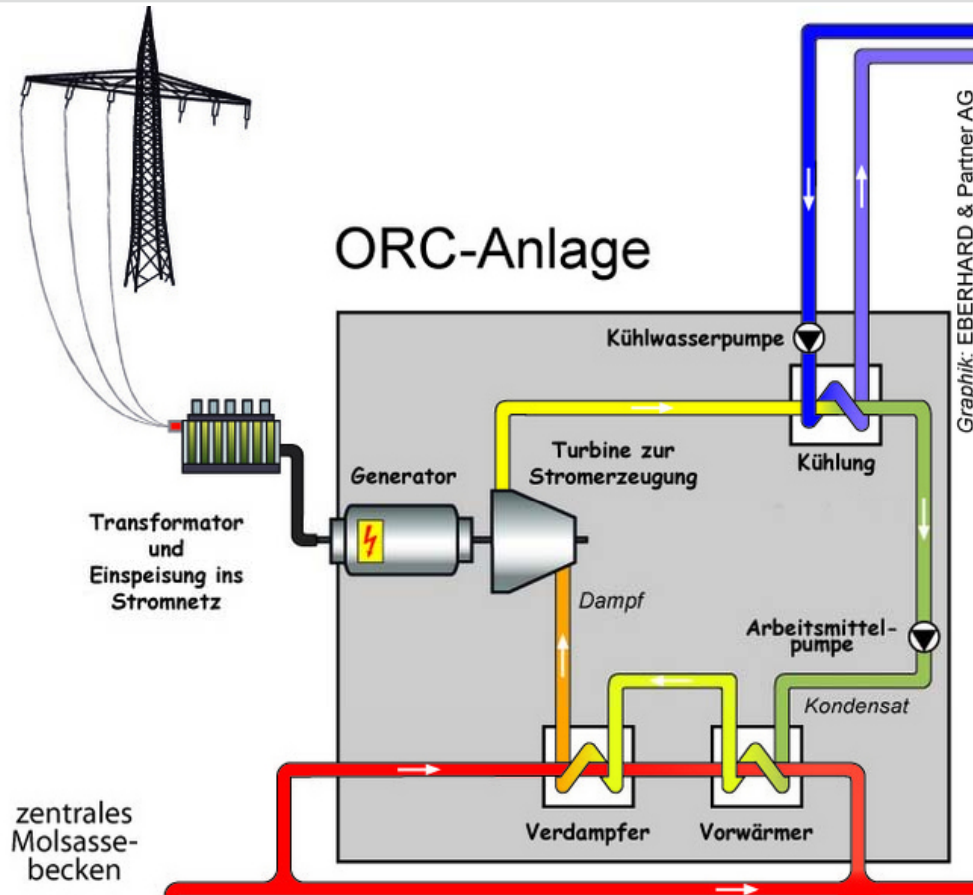
Geothermiekraftwerk Unterhaching

- Aussen- und Innenansicht



Was ist Geothermie?

Kraftwerkstechnik



Binärer Kraftwerksprozess

- Thermalwasser und Arbeitsmittel in getrennten Kreisläufen
- Thermalwasser wird vollständig reinjiziert
- Effizienter als konventionelle Dampfturbine bei tiefen Temperaturen (~100-200°C)

Was ist Geothermie?

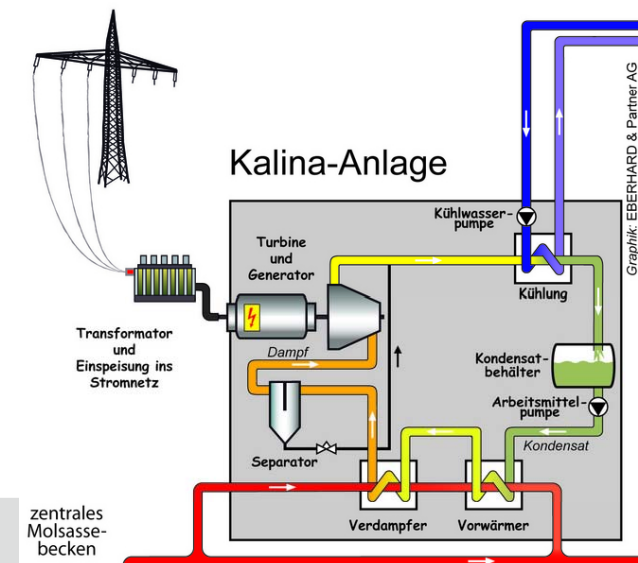
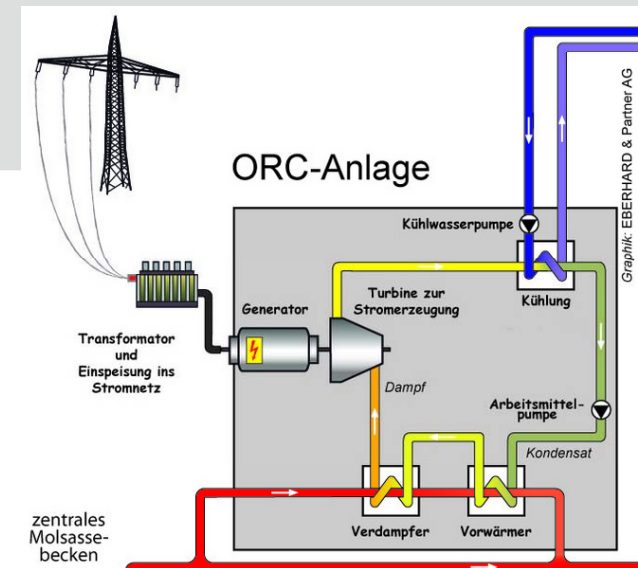
Kraftwerkstechnik

ORC

- (Organic Rankine Cycle)
- Etablierte Technologie
- Schlüsselfertige Produkte verfügbar
- Zahlreiche Referenzanlagen

Kalina

- Bessere Ausnutzung des Thermalwassers
 $\Delta T_{\text{Kalina}} > \Delta T_{\text{ORC}} \rightarrow$ Höherer Wirkungsgrad
 \rightarrow Höhere Stromproduktion
- 2 Referenzanlagen in DE
- Technische Probleme \rightarrow Husavik/IS
- z.Zt. Kein „turn key“ Lieferant vorhanden



Was ist Geothermie?

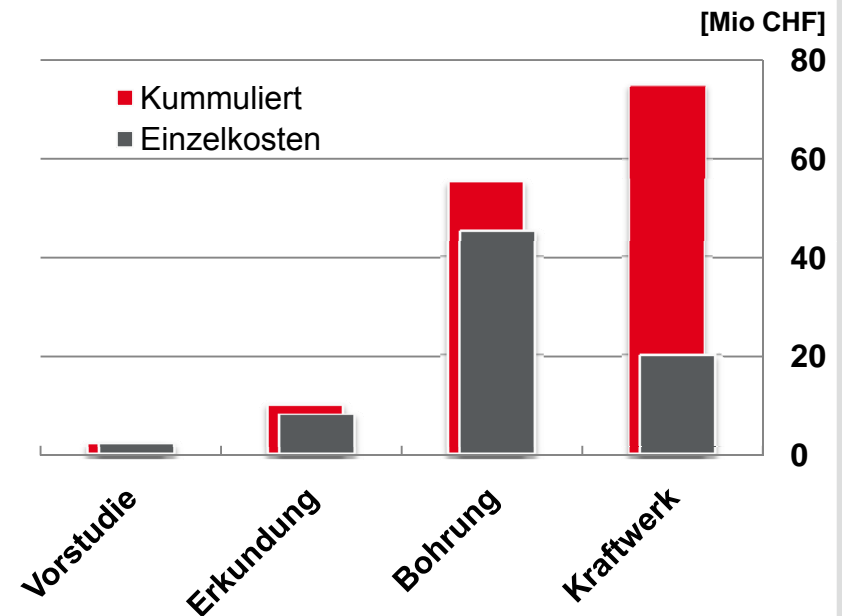
Kosten typisches Geothermiekraftwerk

Kosten

- Investitionssumme: ~80 Mio. CHF
- Bohrung macht ~2/3 der Kosten aus
- Dauer für jede Phase ~1 Jahr

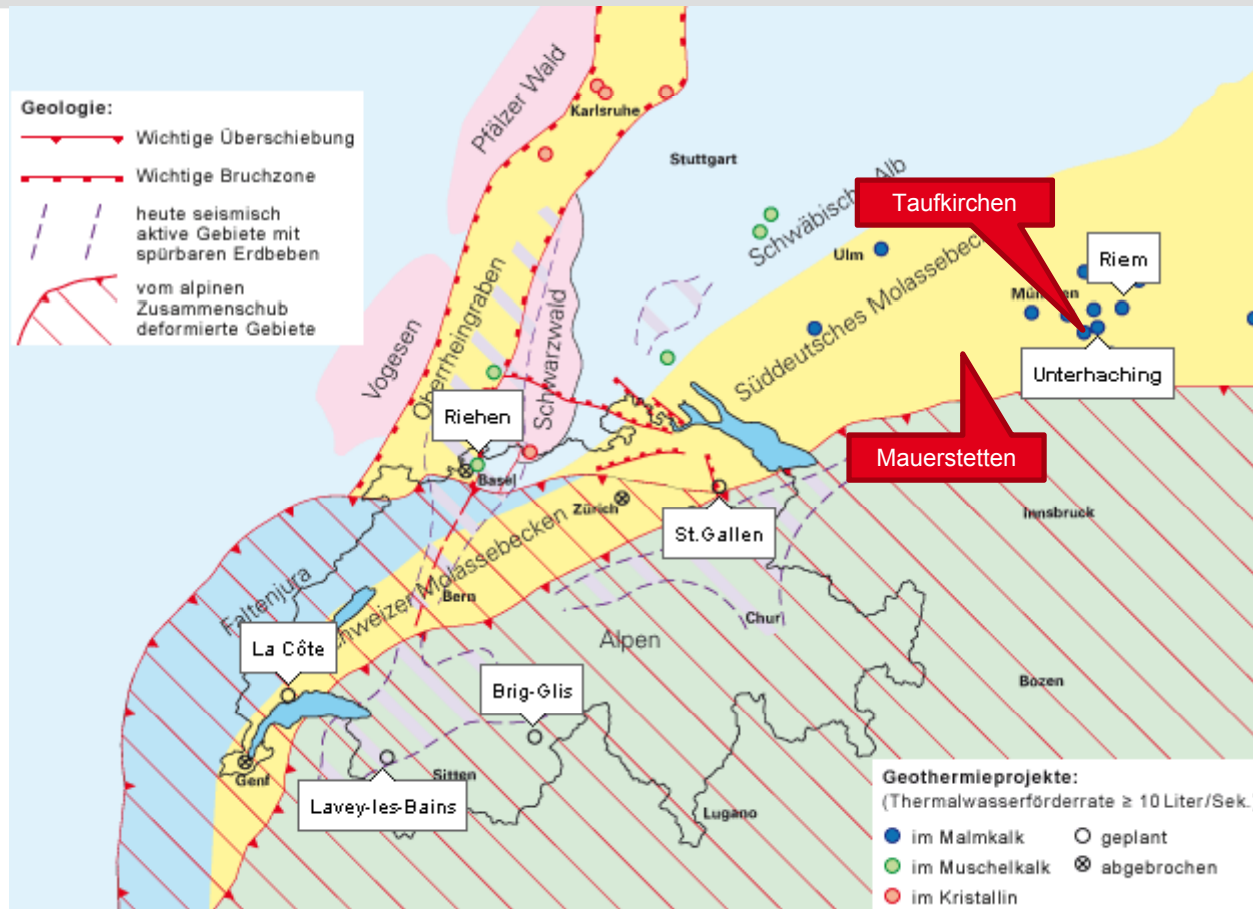
Risiken

- Fündigkeit eines Aquifers
- Risiko lässt sich nie ausschliessen
- Bessere Geologische Kenntnisse
→ tieferes Risiko
- Fündigkeitsversicherung abschliessen



Tiefe Geothermie in der Schweiz

Schweizer Molassebecken: vergleichbar mit Region München ?



Region München: In Betrieb

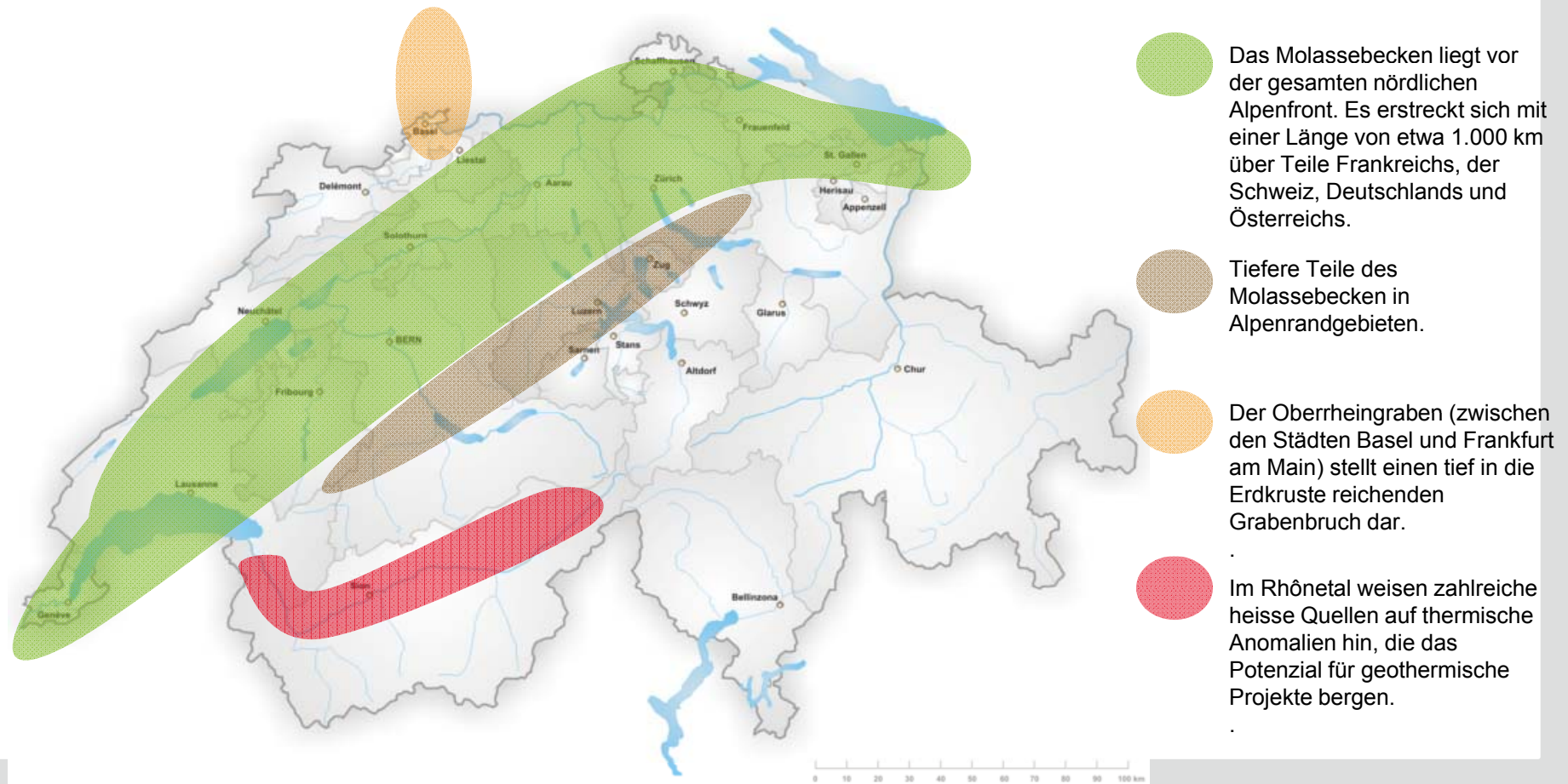
- ~10 Wärmeprojekte
- 1 Stromerzeugung (Unterhaching)
- 1 nicht-fündig (Mauerstetten)

In Planung

- ~30 Wärme + Strom
- 90 Claims vergeben

Tiefe Geothermie in der Schweiz

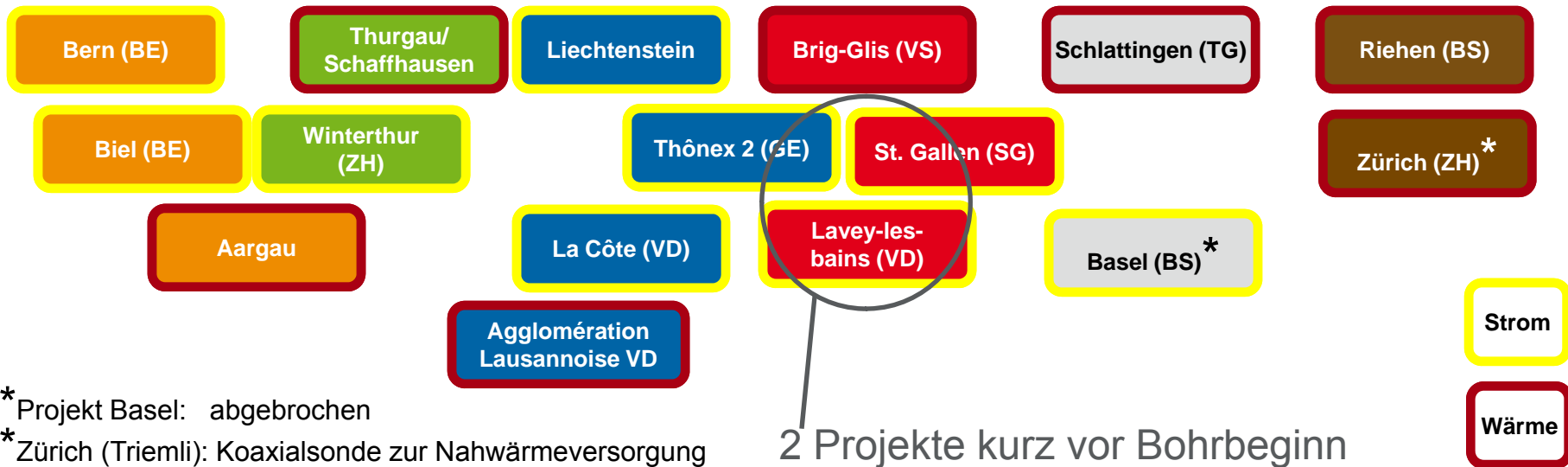
Die Schweiz weist vielfältige geologische Rahmenbedingungen aber wenig Erfahrungen auf



Vereinfachte Abbildung!

Tiefe Geothermie in der Schweiz

Überblick Projekte



Tiefe Geothermie in der Schweiz

Erfolgsfaktoren Standortsuche

Geologie und Hydrogeologie

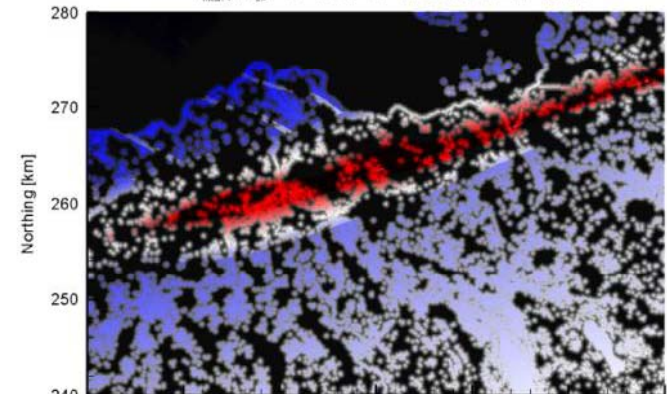
- Thermische Ressourcen / Temperaturgradient
- Hydraulische Leitfähigkeit
- Seismizität / Erdbebengefahrenkarte

Politische Rahmenbedingungen

- Zusammenarbeit mit lokalen EVU und Gemeinden
- Konzession / Bewilligung
- Umwelt- / Naturschutz

Wärmesenken

- Vorhandensein von Wärmeabnehmern
- Potenzial zum Aufbau von Fernwärmenetzen



Tiefe Geothermie in der Schweiz

Fördermechanismen im Energiegesetz

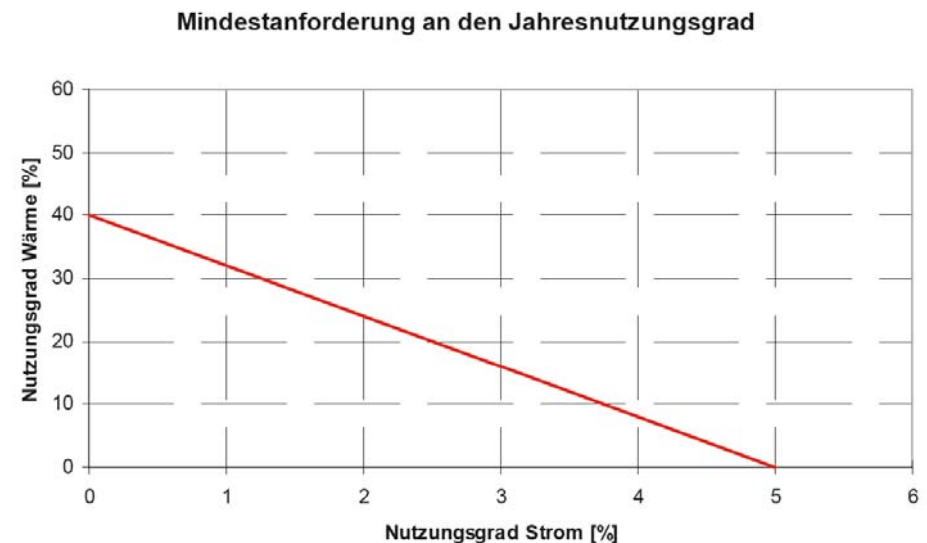
Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV)

- $<5 \text{ MW}_{\text{el}}$: $40.0 \text{ Rp/kWh}_{\text{el}}$
- Vergütung des **Netto-Stroms**
- (Deutschland: Vergütung des Brutto-Stroms)
- Nach 2018 jährliche Reduktion um 0.5% pro Jahr

→ Reine Stromprojekte möglich mit KEV

Risikoabsicherung der Bohrung

- Die Verordnung sieht eine Deckung der Bohrkosten bei Nichtfündigkeit vor
- Deckt bis zu 50% der Bohrkosten
- Erstes Projekt hat Risikoabsicherung erhalten (Lavey-les-Bains)



Axpo: Ziele und Strategie

Kompetenzteam Geothermie

Axpo hat das Ziel, eine sichere Versorgung mit umweltverträglich produziertem Strom zu günstigen Preisen zu gewährleisten.

Die Axpo AG verfolgt diese Ziele in der Geothermie:

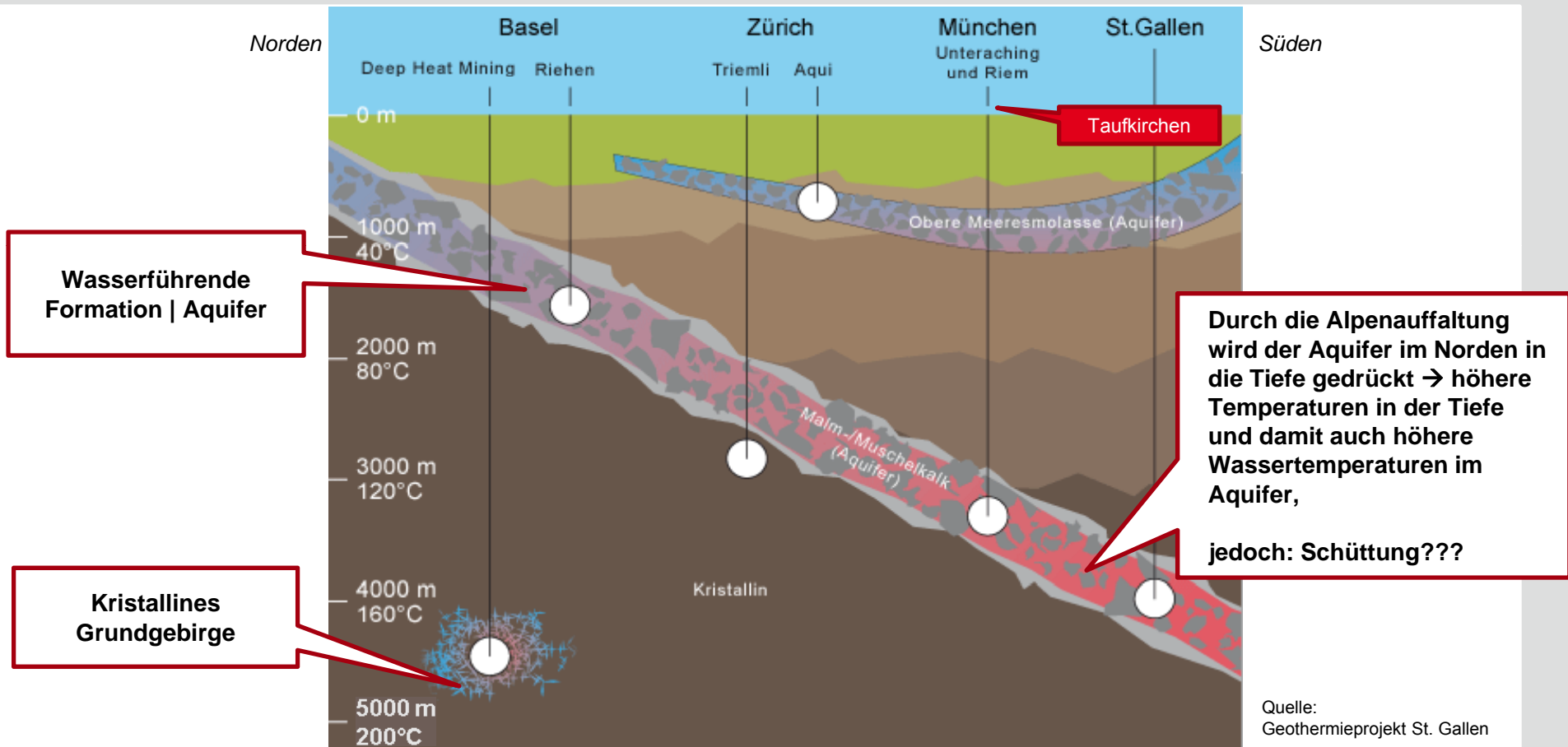
- Etablierung eines Kompetenzteams für Geothermie in der Schweiz
- Bau und Betrieb von eigenen Geothermiekraftwerken in der Schweiz



Axpo Geothermie Team

Axpo: Ziele und Strategie

Geologische Bedingungen im Axpo Gebiet



Projekt Taufkirchen

Motivation für Investition in Deutschland

- Schneller Wissenszuwachs
 - Tiefe Geothermie: Deutscher Markt ca. 10 Jahre vor Schweizer Markt
- Wissenstransfer zu Projekten in der Schweiz

Anforderungen an das Investitionsobjekt

- Kurz vor der Bohrung
- „Ähnliche“ Geologie wie in der Schweiz (Molasse)
- Bekanntes Reservoir (→ Grossraum München)
- Erfahrene Partner
- Erfahrungen mit einem GÜe - Konzept
- Überschaubare Risiken

Projekt Taufkirchen

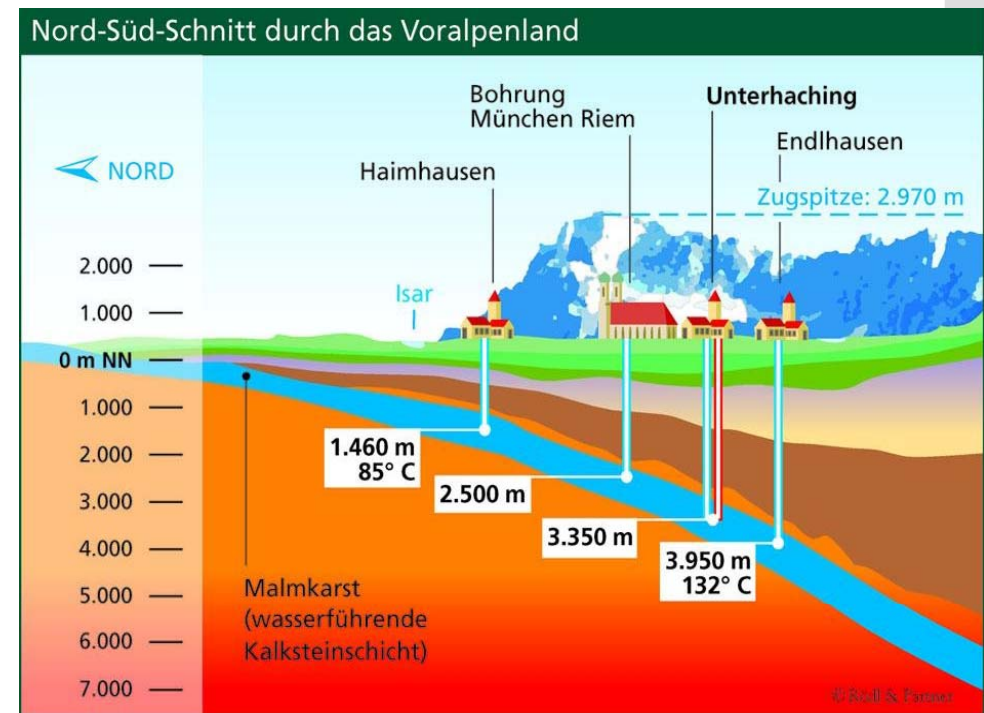
Geothermie Süddeutschland

Geologie

- Süddeutsches Molassebecken
- Grosses Reservoir in den Kluft-Karst-Aquiferen des Malm „Geothermischer Glücksfall“

Projekte

- 82 Erlaubnisse (Exploration)
- 9 Bewilligungen
- 1 x Strom (Unterhaching),
8 x Wärme
- 5 weitere Anlagen für Stromproduktion bis 2012 in der Realisierung



Projekt Taufkirchen

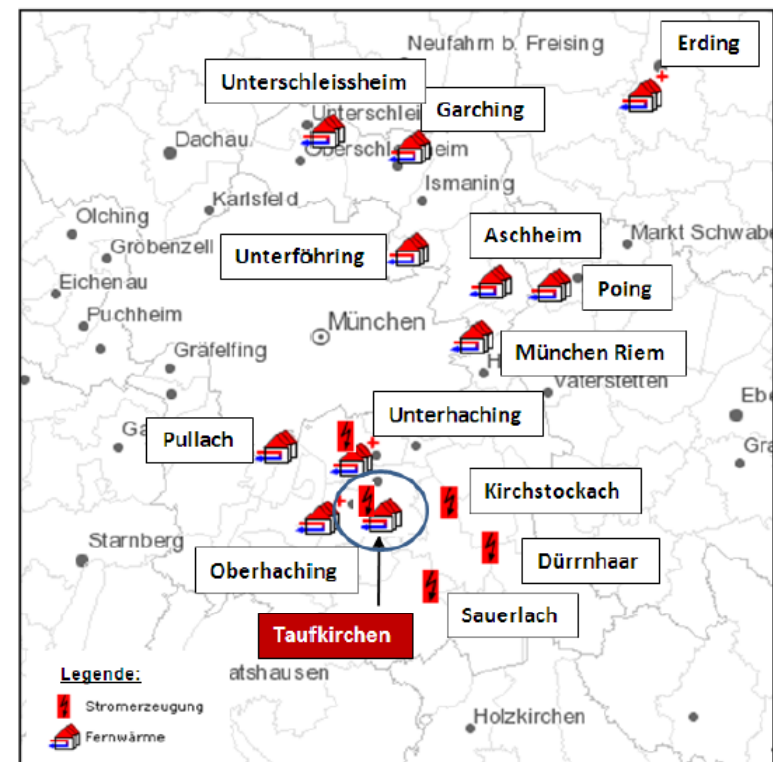
Geothermie Süddeutschland

Geologie

- Süddeutsches Molassebecken
- Grosses Reservoir in den Kluft-Karst-Aquiferen des Malm „Geothermischer Glücksfall“

Projekte

- 82 Erlaubnisse (Exploration)
- 9 Bewilligungen
- 1 x Strom (Unterhaching),
8 x Wärme
- 5 weitere Anlagen für Stromproduktion bis 2012 in der Realisierung



Projekt Taufkirchen

Projektübersicht

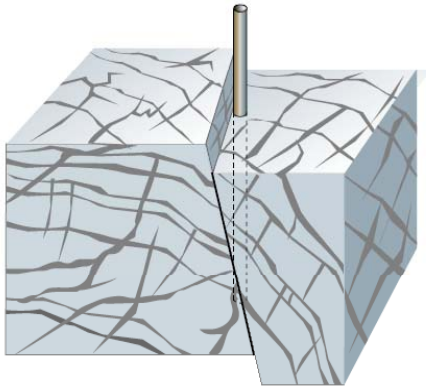
Projekt Beschreibung

- Taufkirchen, südlich von München
- Projektentwickler: Exorka GmbH
Generalübernehmer
- Anteil Axpo: 35%
- 2-4 Bohrungen geplant
abhängig von der Fündigkeit
- Erwartete Parameter:
 - Schüttung: 120 l/s
 - Temperatur: 130 °C
 - Elektrische Leistung: 4.3 MW (nominal)
 - Wärmeauskopplung: mind. 20 MW (nominal)
- Bohrbeginn erfolgte am: 01.07.2011

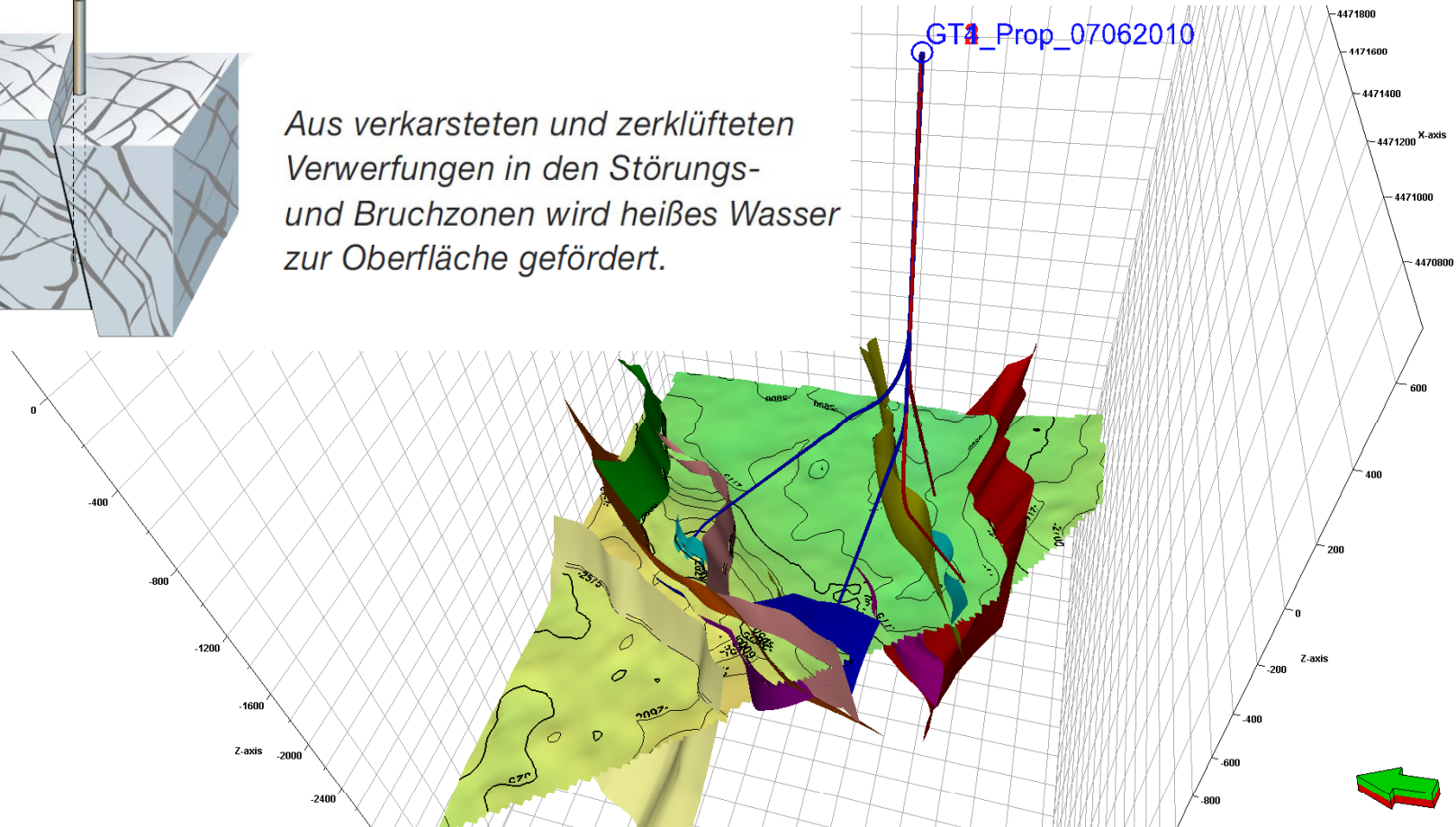


Projekt Taufkirchen

Zielhorizonte



Aus verkarsteten und zerklüfteten Verwerfungen in den Störungs- und Bruchzonen wird heißes Wasser zur Oberfläche gefördert.



Projekt Taufkirchen

Aktueller Stand



VID-20111109-00000.3GP

- Bohrstart erfolgte am 01.07.2011
 - Abschluss der 1. Bohrung am 03.11.2011
 - Aktuell sind Pumptests im Gange um die Ergiebigkeit zu testen
- Beginn Stromproduktion: Anfang 2013

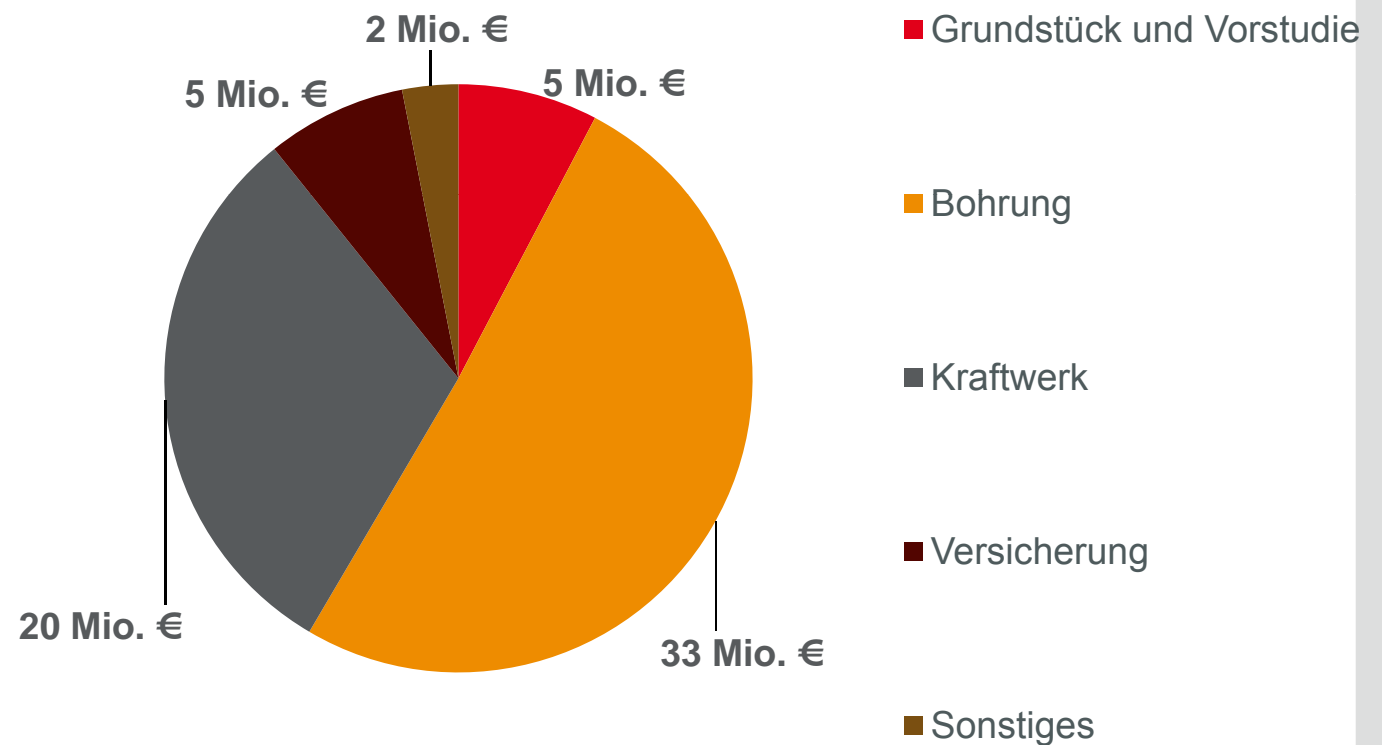


Projekt Taufkirchen

Projektkosten

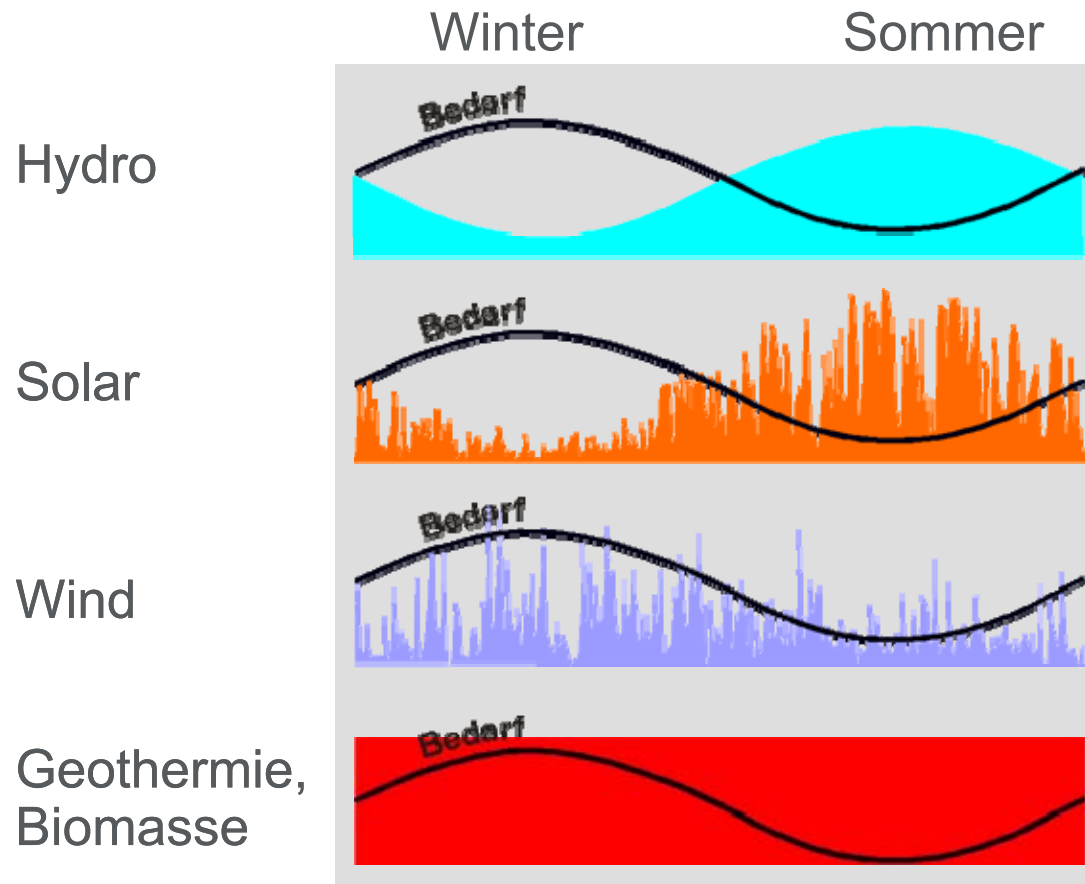
Gesamte Kosten

- 65 Mio. €
- Anteil Axpo 35%



Tiefengeothermie aus gutem Grund

Tiefengeothermie liefert Bandenergie



Tiefengeothermie aus gutem Grund

Tiefengeothermie ist eine lokale Ressource

Einheimisch sind:

- Rohstoff
- Wertschöpfung
- Arbeitsplätze
- Versorgungssicherheit
- Innovation
- CO₂-frei



Tiefengeothermie aus gutem Grund

Hürden für die Tiefe Geothermie in der Schweiz

- Nur wenige Öl-/Gas Bohrungen → unzureichende Daten über den tiefen Untergrund
- In der Ostschweiz: Noch nie in Tiefen von 3000m+ gebohrt
- Keine erfolgreich realisierten (Strom-) Projekte
- Geringe Erfahrung im Projektmanagement mit Geothermie – Projekten
- Noch keine Geothermie Versicherungen in der Schweiz (Axa, Swiss Re)
- Geringe Erfahrungen mit binärer Kraftwerkstechnik (ORC-, Kalina-Anlagen)
- Keine geeignete Rechtsbasis (Bergrecht, Tiefen-Wassernutzung)

Tiefengeothermie aus gutem Grund

Potenziale

Hydrothermal

- Geologie muss stimmen
- Wärmeabnehmer müssen vorhanden sein
- Beschränkung auf agglomerationsnahe Gebiete
- Potential: „Wenige Dutzend Anlagen“, ab heute realisierbar

Petrothermal (EGS)

- Technologie muss weiterentwickelt werden
- Geringere geologische Standorteinschränkungen
- Höhere Temperaturen, höhere Effizienz „mehr Strom pro Bohrung“
- Geringere Abhängigkeiten vom Standort
- Potential: Vielfaches des hydrothermalen Potential

Tiefengeothermie aus gutem Grund

Potenzial in der Schweiz

Potential für Stromproduktion

- Gesamthaft ca. 10 TWh (nach 2050) (Größenordnung eines KKW)
- Grobe Schätzung, da Datengrundlage ungenügend bekannt ist
 - Bedingt konsequente Weiterentwicklung der Technologie (insbesondere Bohrtechnologie und Stimulation)
 - Berücksichtigt auch unwirtschaftliche Standorte

- **Wie viel davon effektiv umgesetzt werden kann hängt von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Strompreis, staatliche Förderung) ab**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Axpo AG | Neue Energien

Flughofstrasse 54 | CH-8152 Glattbrugg

T +41 44 809 73 33 | F +41 44 809 74 00 | www.axpo.ch