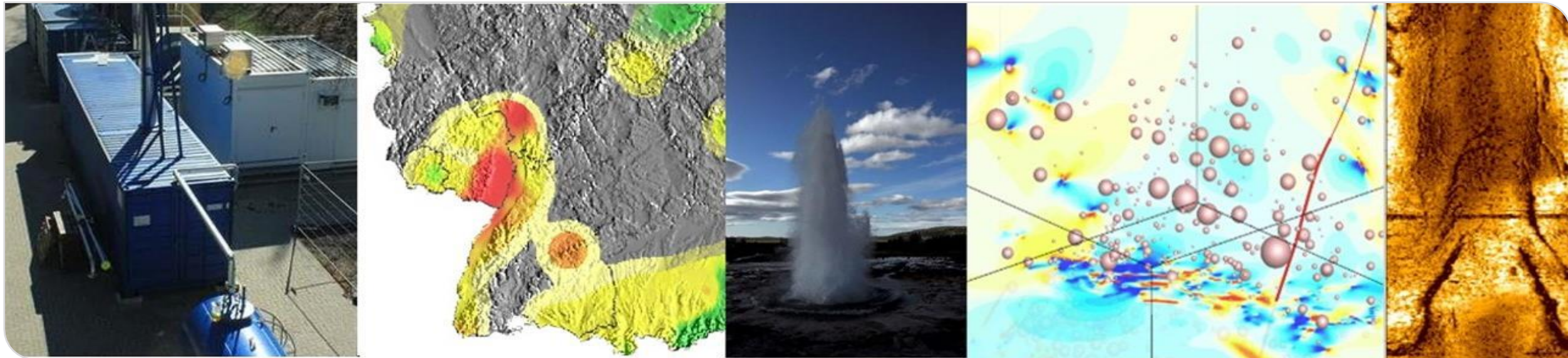


Tiefengeothermie und saisonale Wärmespeicher

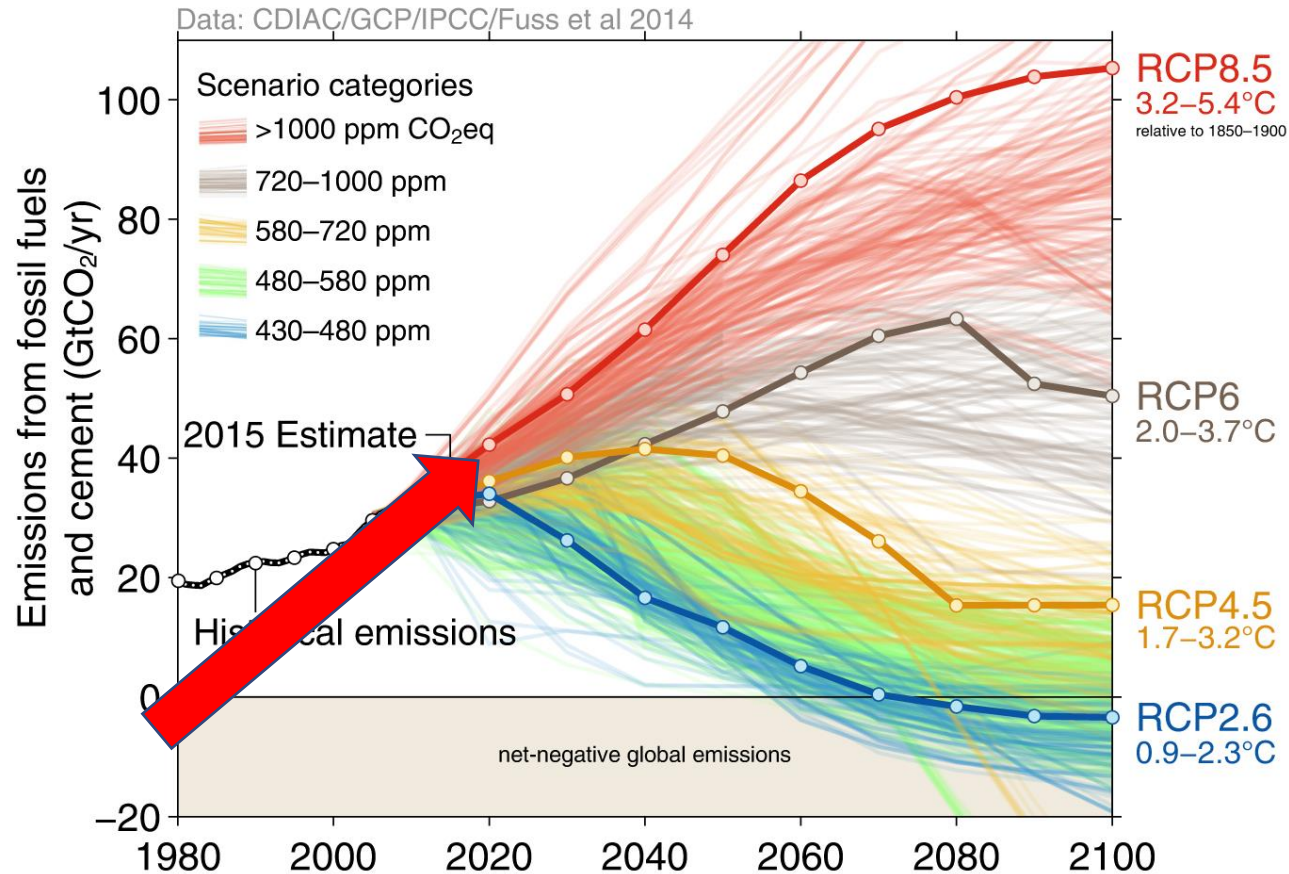
Thomas Kohl

Professur "Geothermie & Reservoir-Technologie"

KIT-Sprecher Helmholtz-Subtopic "Geoenergie"



Szenario zum Erreichen von COP21



Notwendig für Energiewende:

- Grundlastfähigkeit,
- Kombination Erneuerbare Energieträger
- Weltweite Koordinierung
- ...

Potential Geothermie

■ Geothermie :

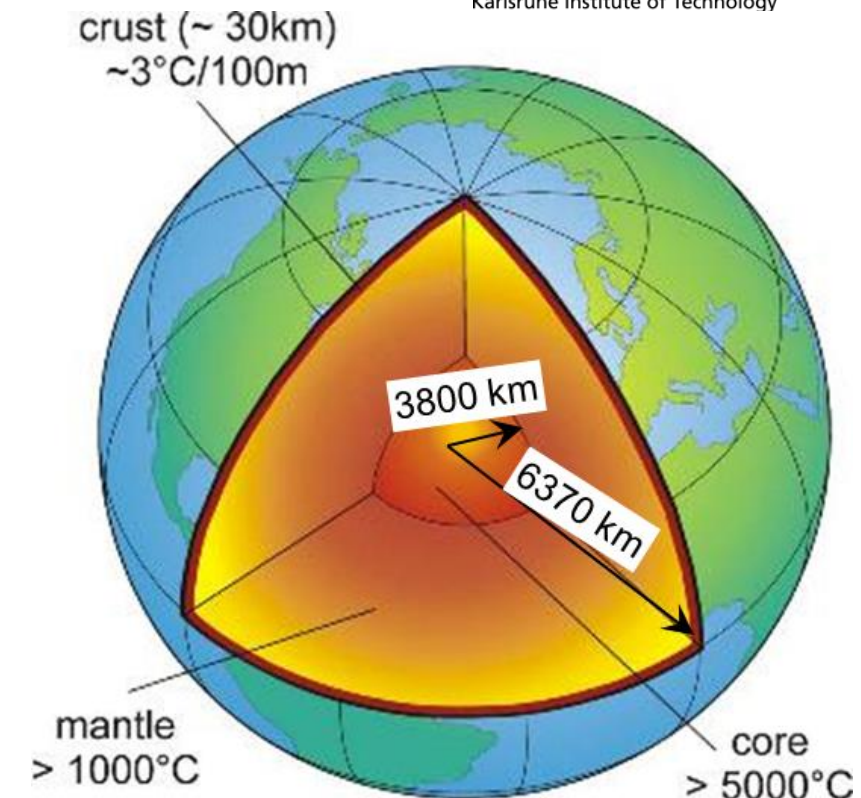
- Gespeicherte Wärme-Energie der Erde
- 99% der Erde sind heisser als 1000 °C

■ Geothermische Wärmefluss

- Viel kleiner als Sonnenstrahlung

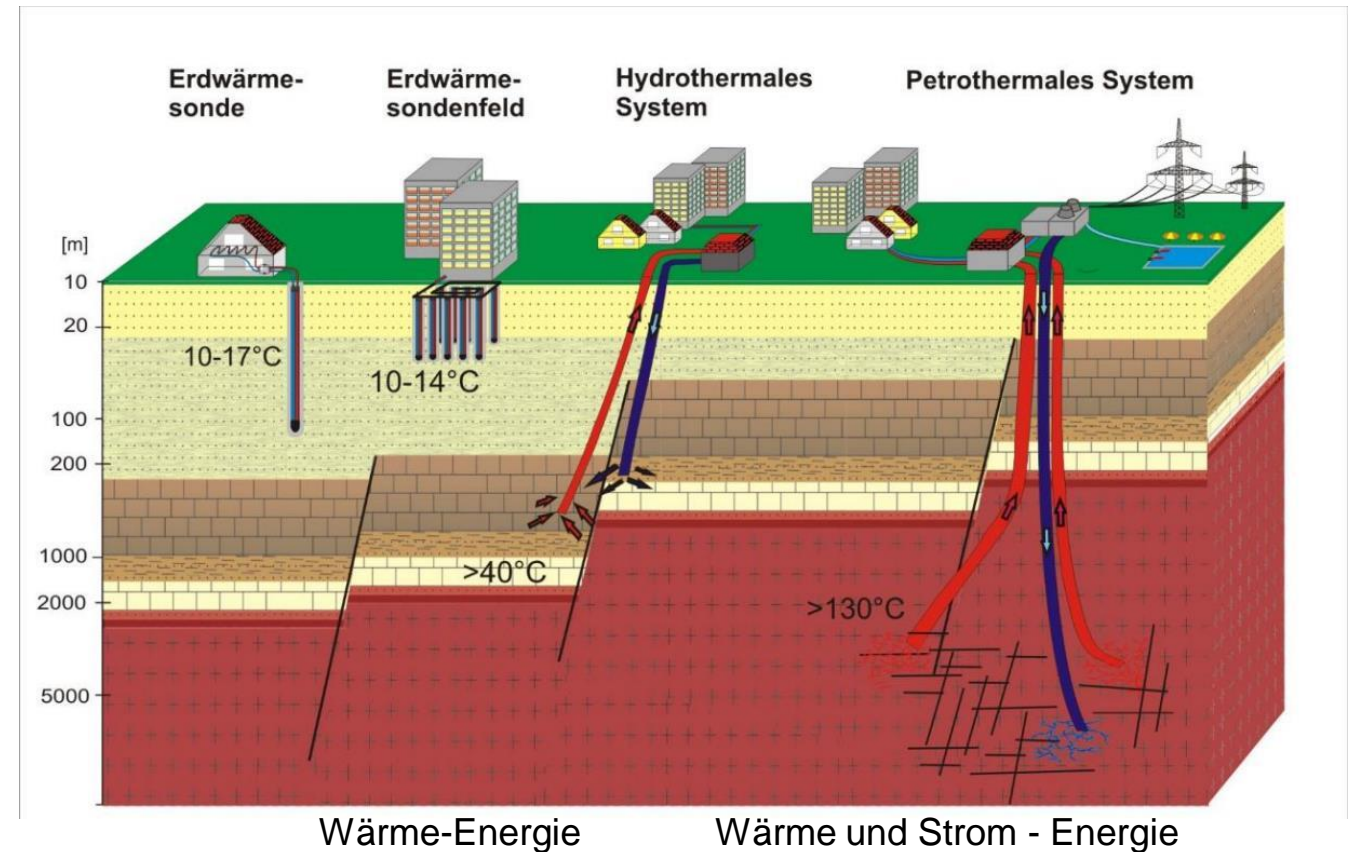
■ Aber:

- Temperatur im Erdinnern ~ Sonnentemperatur
- Existierende Technologie mit:
 - $>16 \text{ GW}_e$ Stromproduktion; $> 50 \text{ GW}_t$ Wärmeproduktion
- Grundlastfähig

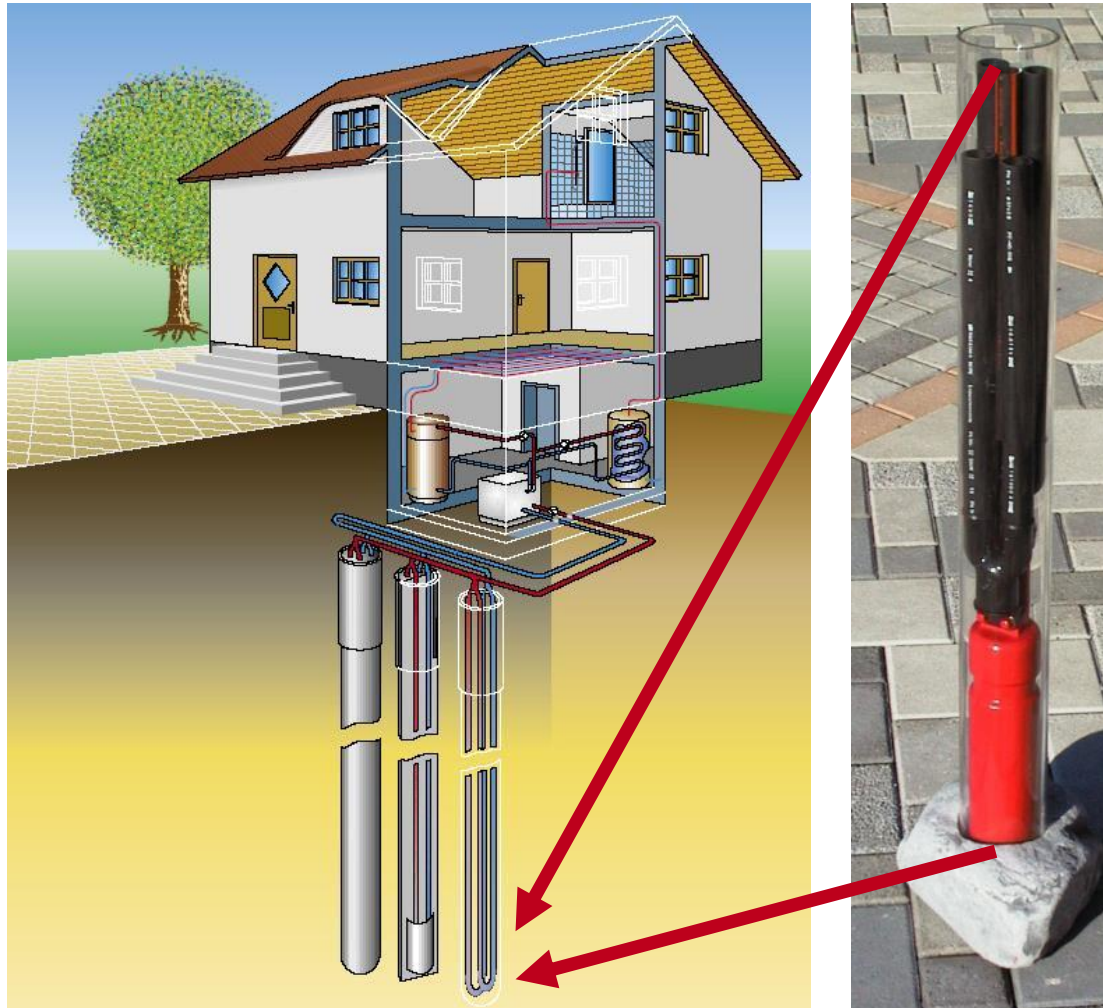


Geothermie-Nutzung

- **Weltweite Erfahrung**
 - International erprobt
 - Notwendige Anwendung von existierendem Wissen!
- **Kristallin ist wichtigste geothermische Ressource**
 - Hohe Temperatur
 - Potentiell gute Eignung



Erdwärmesonden-Systeme



■ Komponenten:

- Bohrung
 - 50–400m tief
 - zementiert
- Wärmepumpe
- Niedertemperatur-Heizung

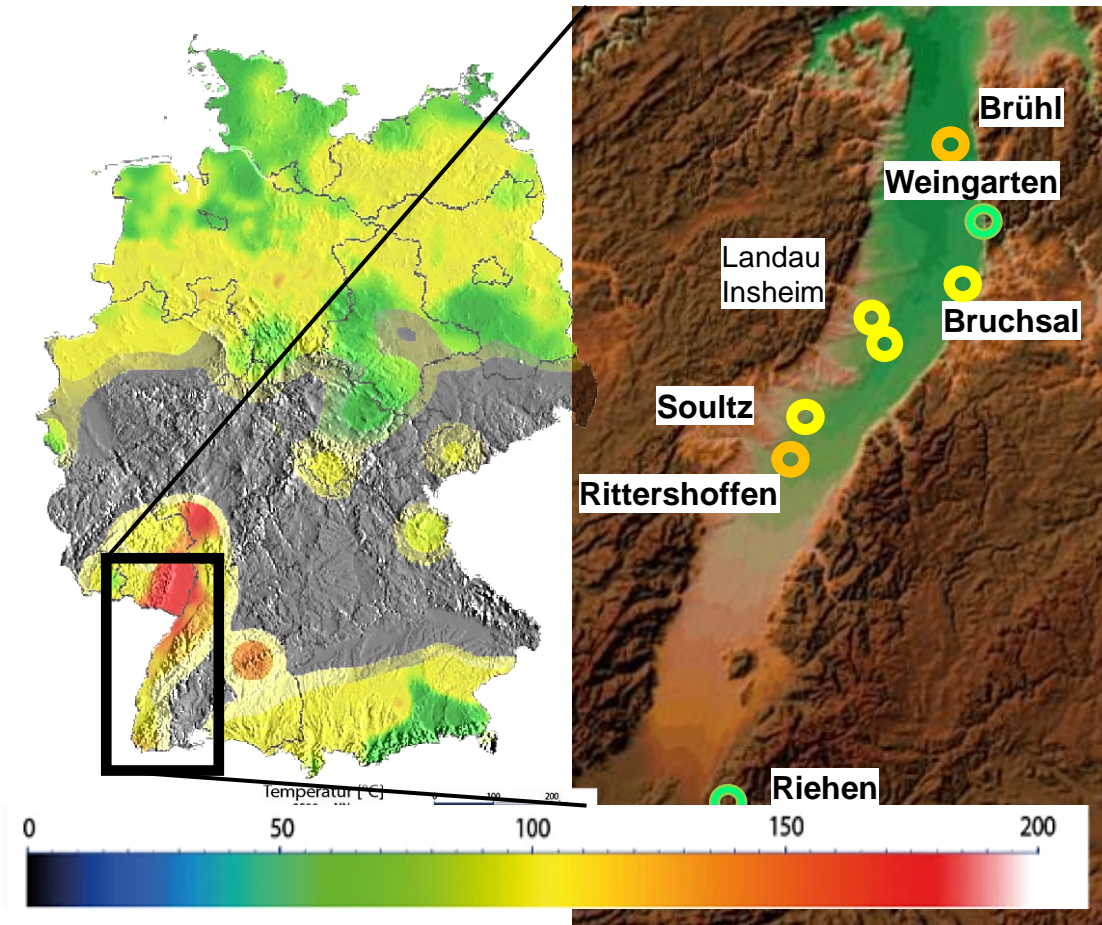
■ Wärmeproduktion

- Ca. 70 kWh/m/a
- Kanton ZH (Schweiz):
 - ca. >10% Haushaltwärme

■ Notwendig:

- Abdichtung des Grundwassers
- Vorsicht bei unterschiedlichen Grundwasser-Leitern

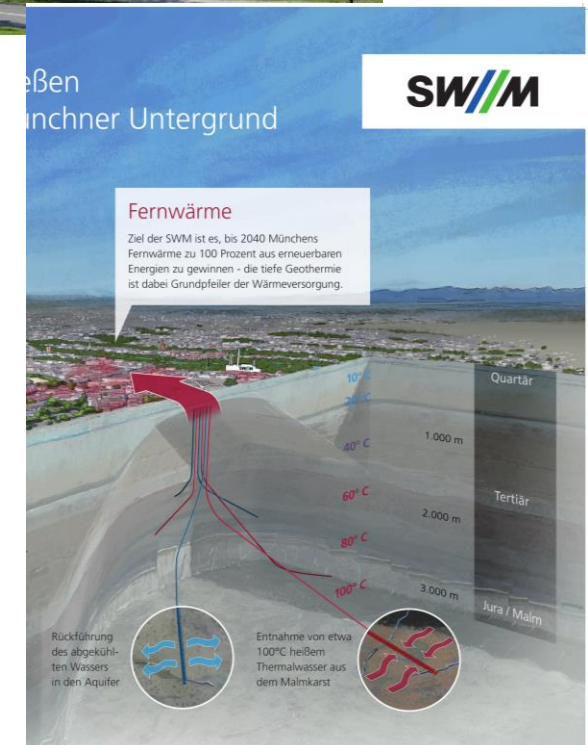
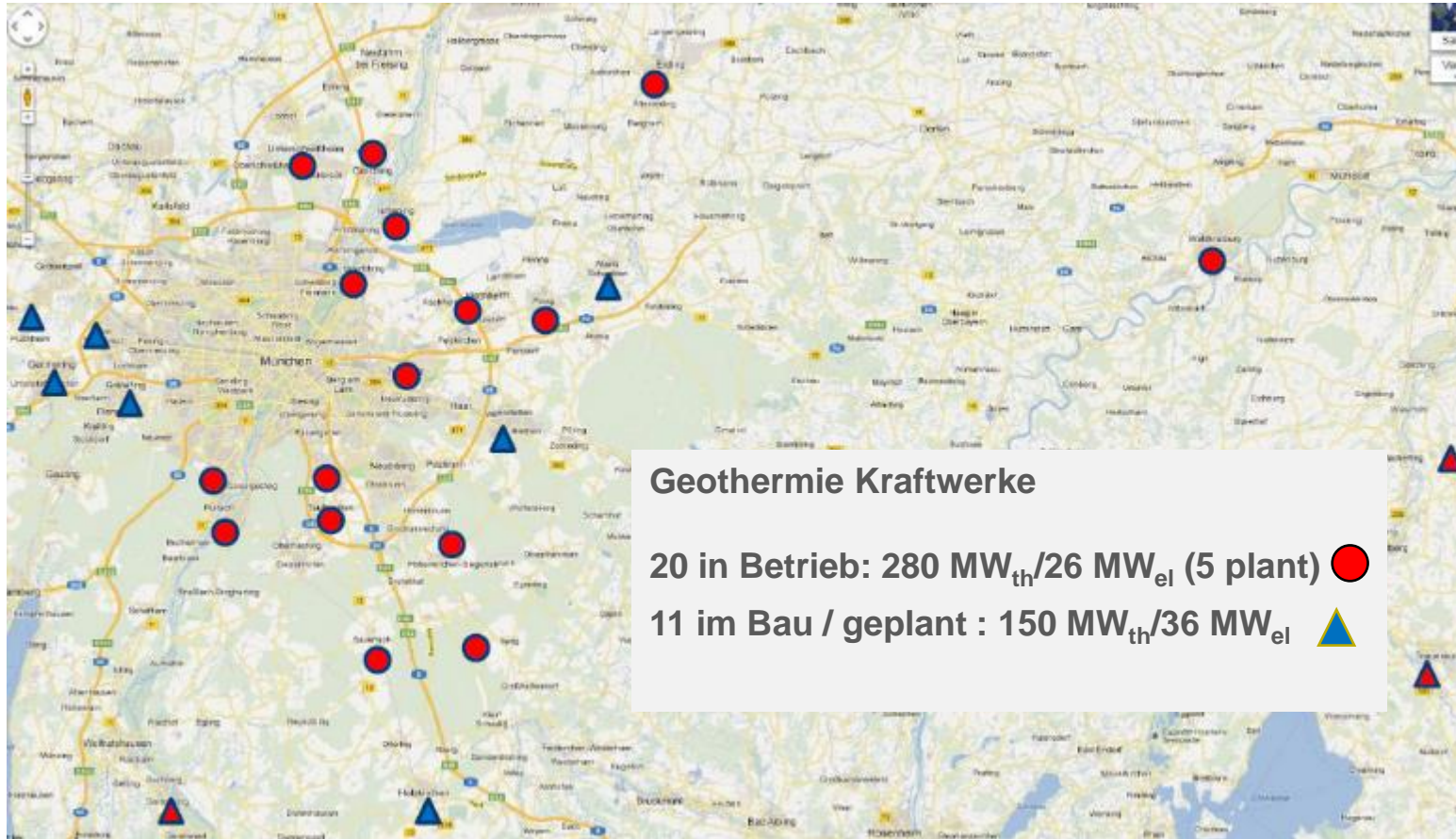
Oberrrheingraben: bekannte Wärmeanomalie in Europa



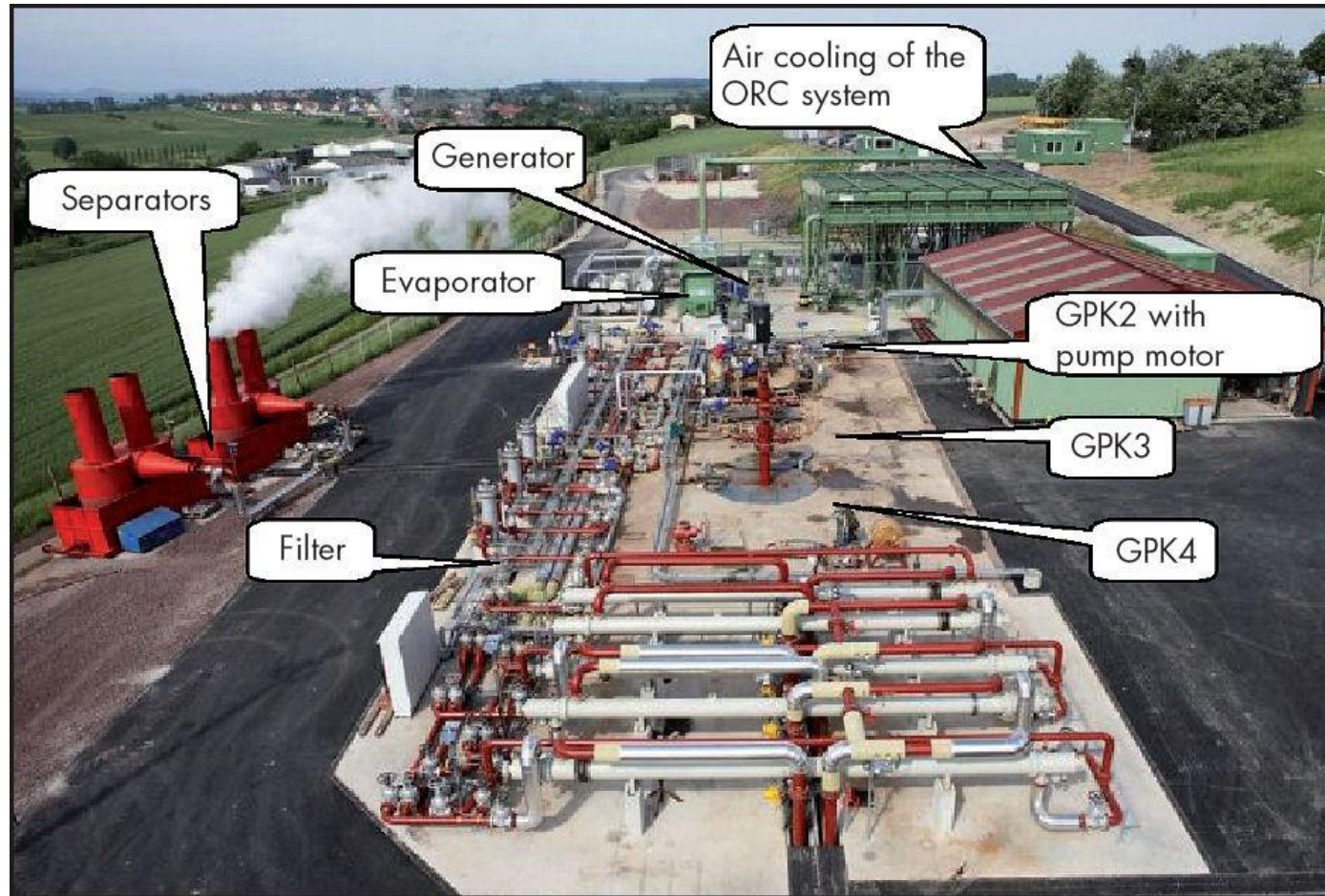
Digitale terrain model
(SRTM – Data)
Data: Illies & Greiner, 1978

- Oberrrheingraben
 - Aktive Tektonik
 - 350km N-S Ausdehnung
 - 50km E-W Ausdehnung
- Geothermische Systeme
 - Hydrothermal
z.B. Riehen, Bruchsal
 - Petrothermal
z.B. Soutz

Geothermie-Kraftwerke in der Bayr. Molasse Fernwärmeversorgung bis ~2040!



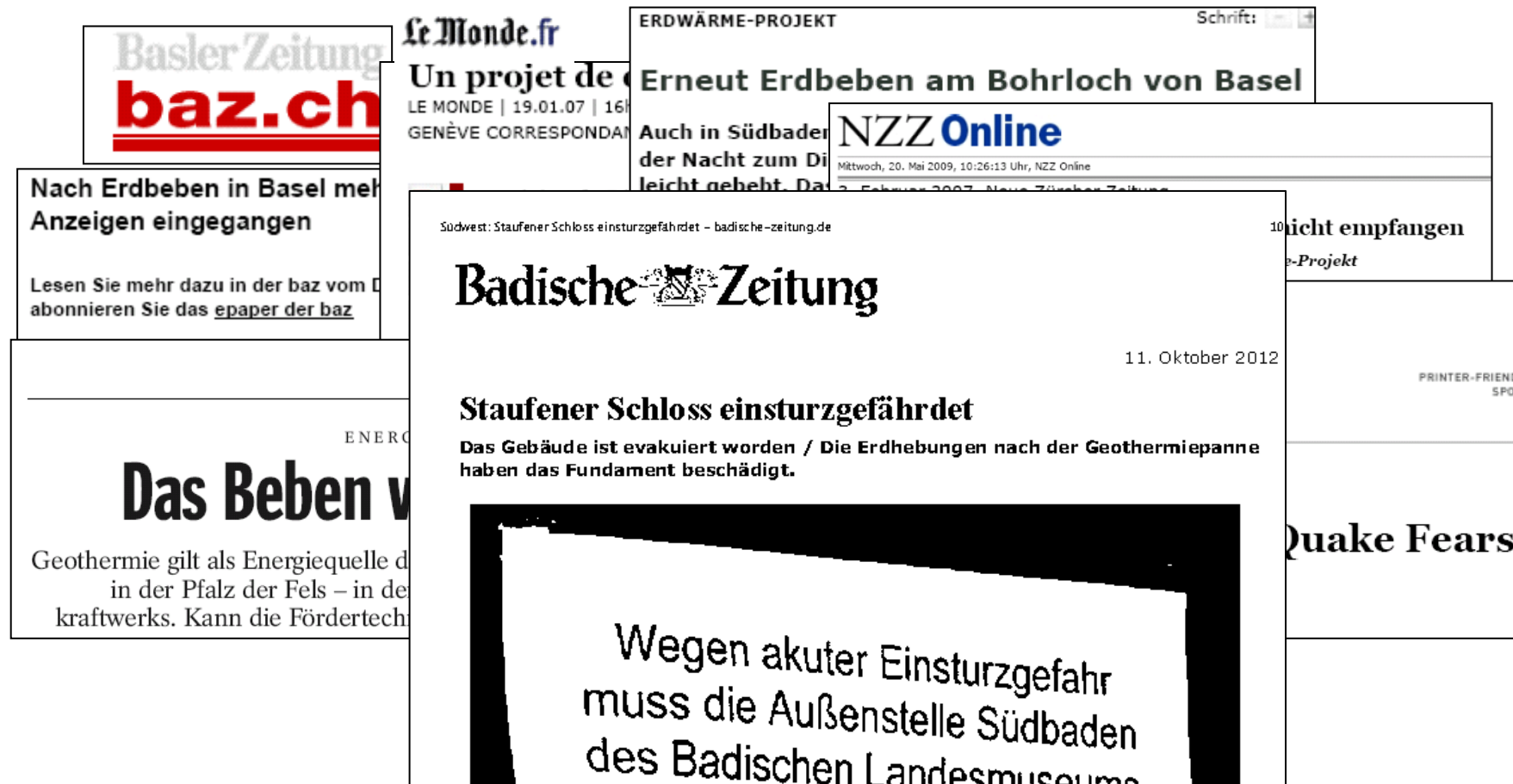
Bsp. Oberrheingraben Soultz-sous-Forêts



**Situation von 2010;
heute renoviert**

Herausforderung: Akzeptanz!

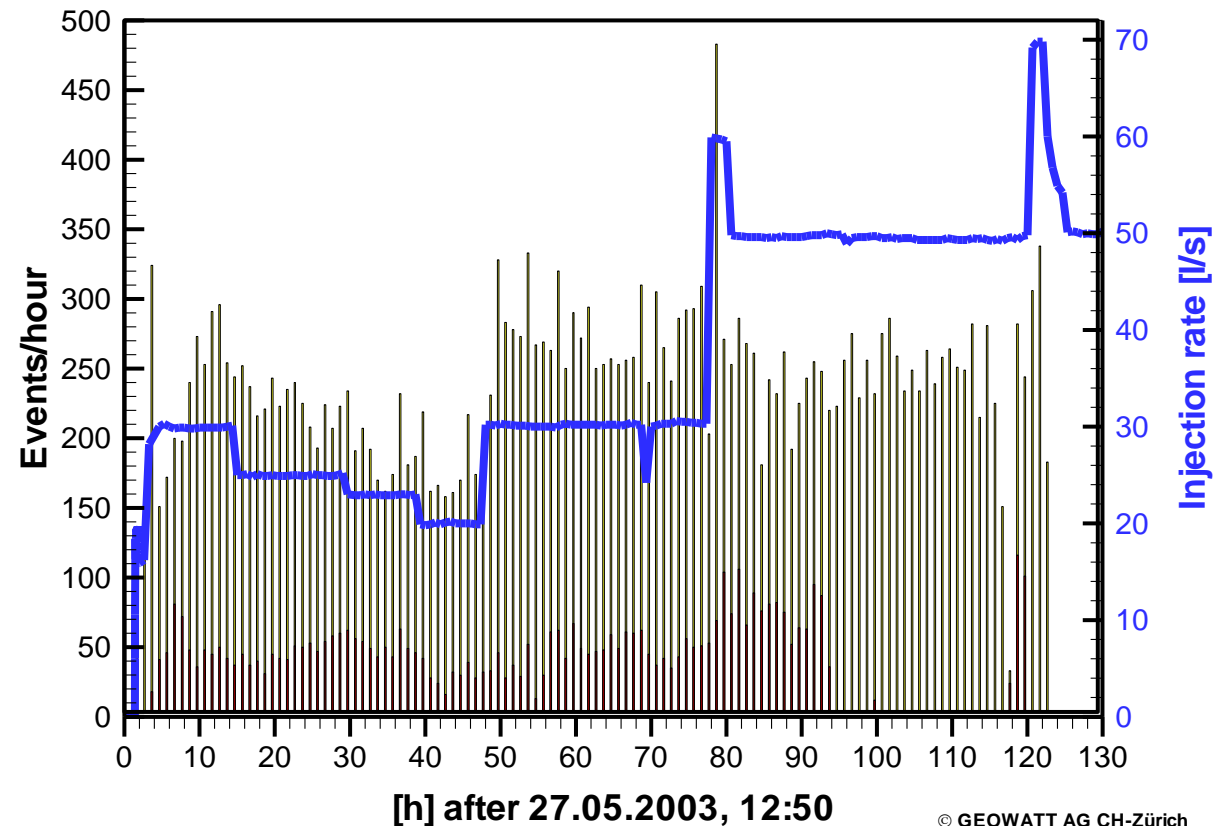
Geothermie befindet sich in einer hoch-emotionalen Debatte



Lernkurve Seismizität Bsp. Soultz-sous-Forêts

■ Fließrate und seismische Ereignisse

- i.d.R. gut kontrollierbar
- Notwendige Forschung



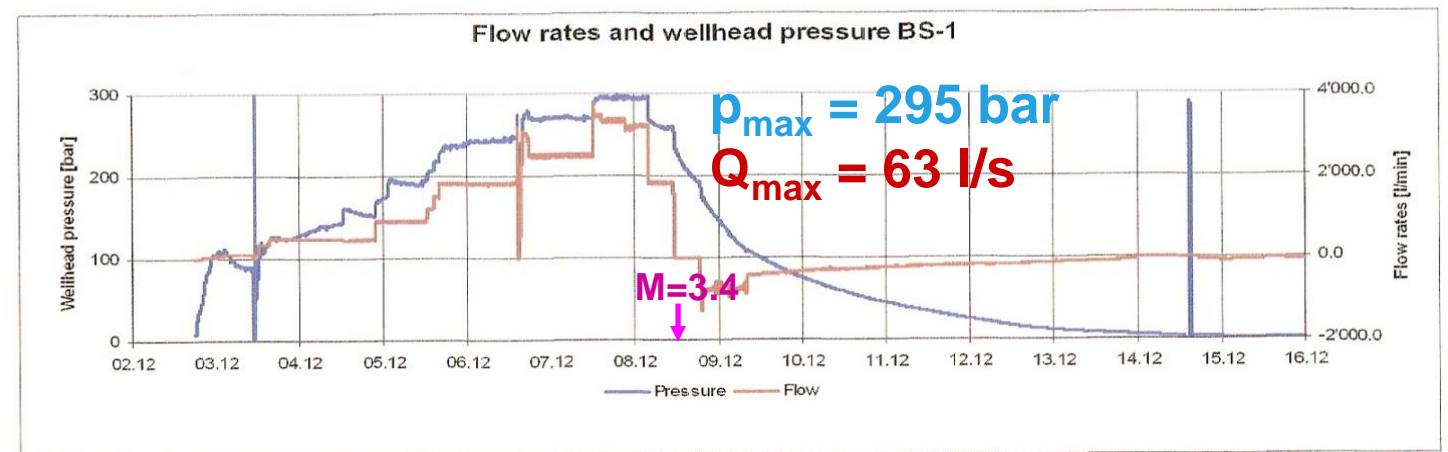
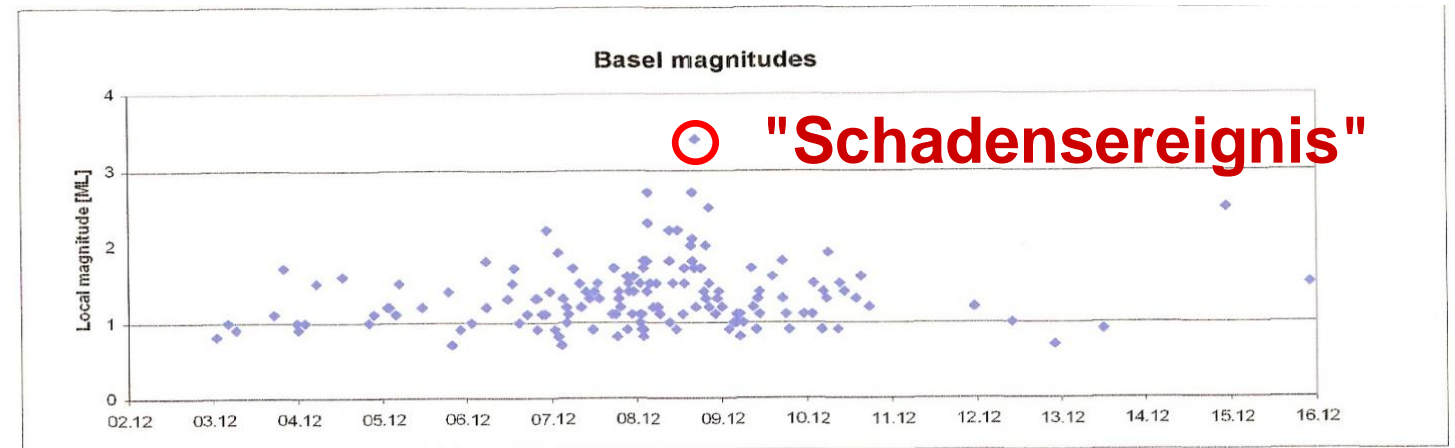
Lernkurve Seismizität: DHM Project Basel (geopower AG)

Bohrung



Photo: Geopower, 2006

Stimulation 2006



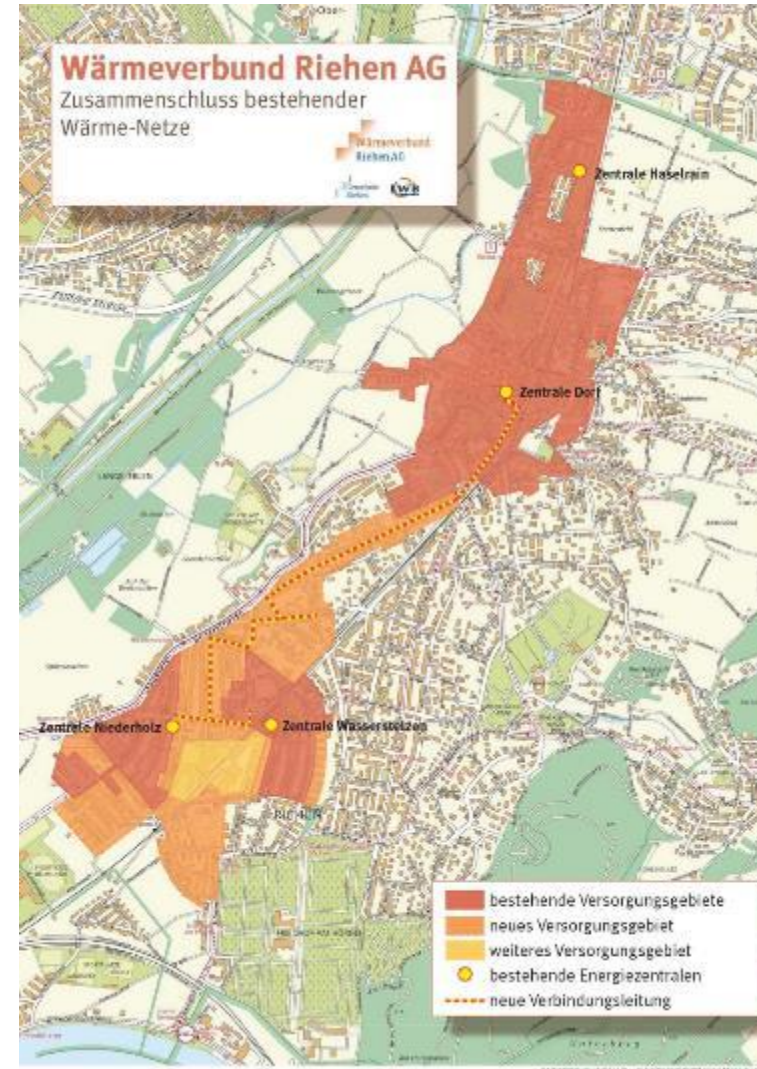
Geopower 2007

Lernkurve Projekt Basel-Riehen: Geothermische Wärmeversorgung seit 25 Jahren

- 3 km from DHM Project:

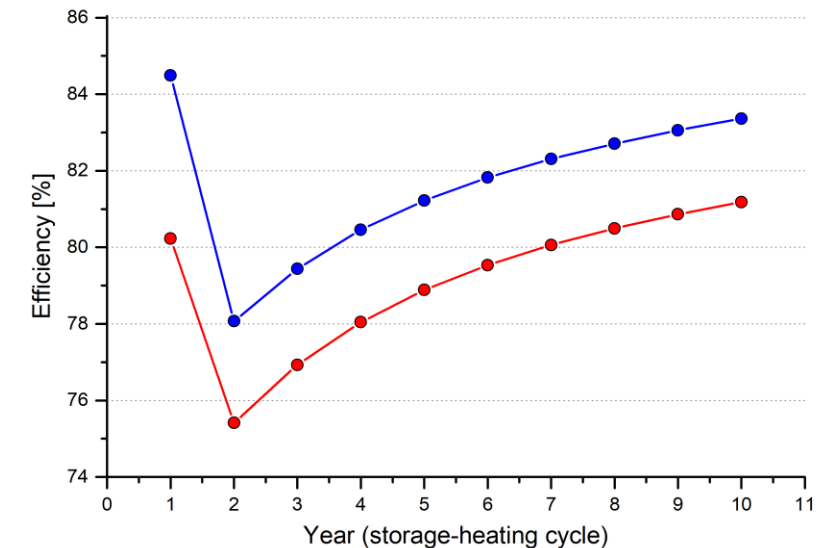
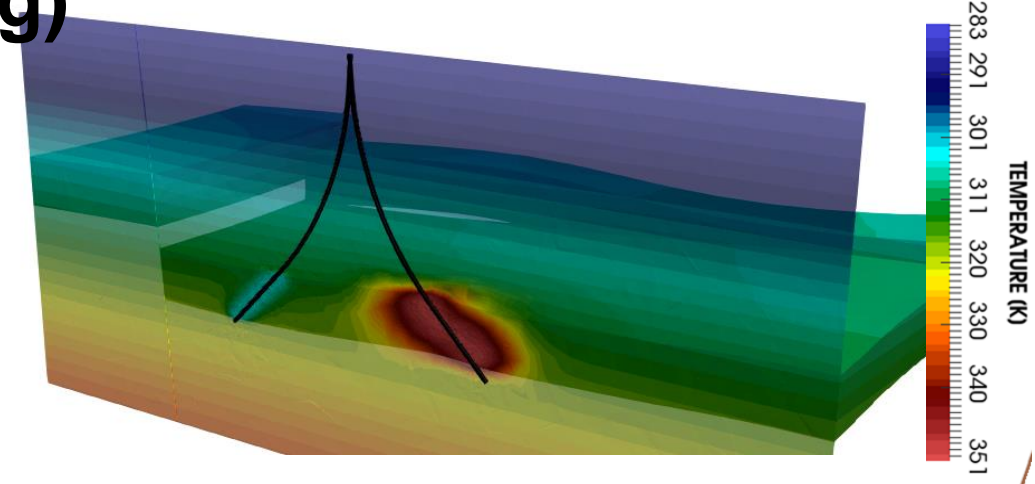


- 2 Jahre nach seismischen Ereignis
 - Positive Abstimmung
 - Vertrauen in Kompetenz der Betreiber
- Heute
 - Erneute Erweiterung
 - ohne irgendwelche Einsprachen

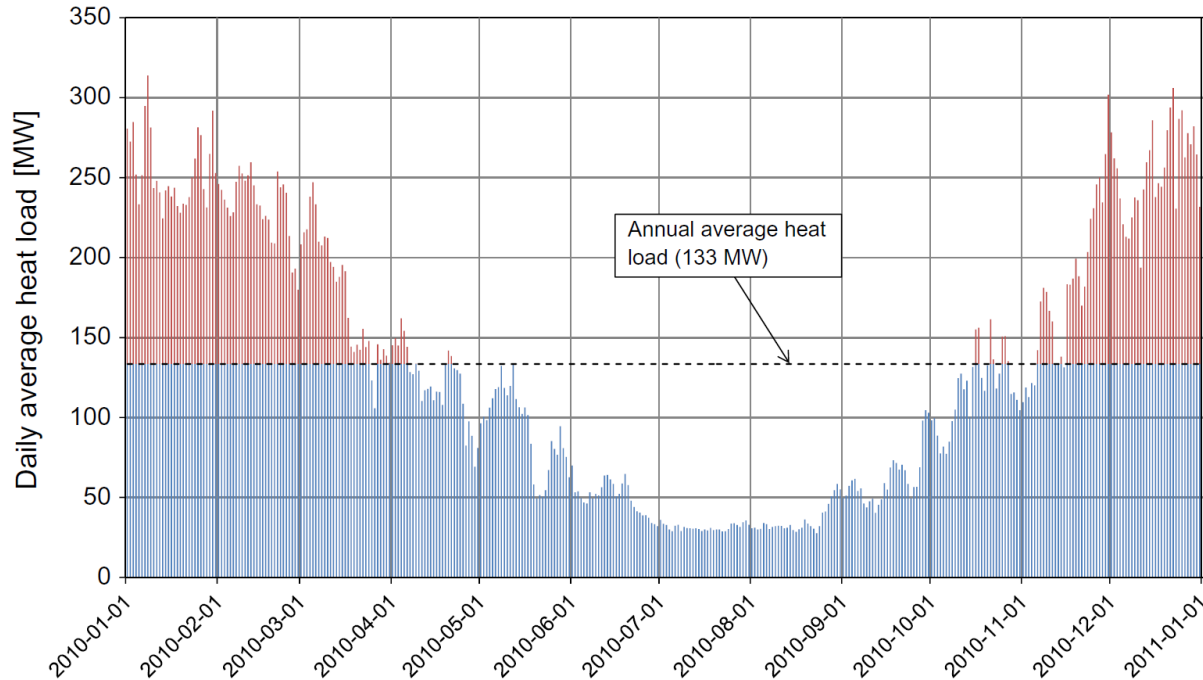


GeoBatterie (Hochtemperatur Aquifer Speicherung)

- **Speicherung von Wärme in Tiefe**
 - Theoretisch: keine Temperaturbegrenzung
 - Zieltemperatur in DeepStor: 130°C
- **Zwei-Bohr Konzept**
 - Warme Bohrung:
 - Injektion von Überschusswärme im Sommer
 - Produktion der gespeicherten Wärme im Winter
 - Kalte Bohrung:
 - Förderung Thermalwasser im Sommer
 - Injektion der abgekühlten Wasser im Winter
- **Theoret. Berechnungen**
 - Stabiles Verhalten mit Effizienz > 75%

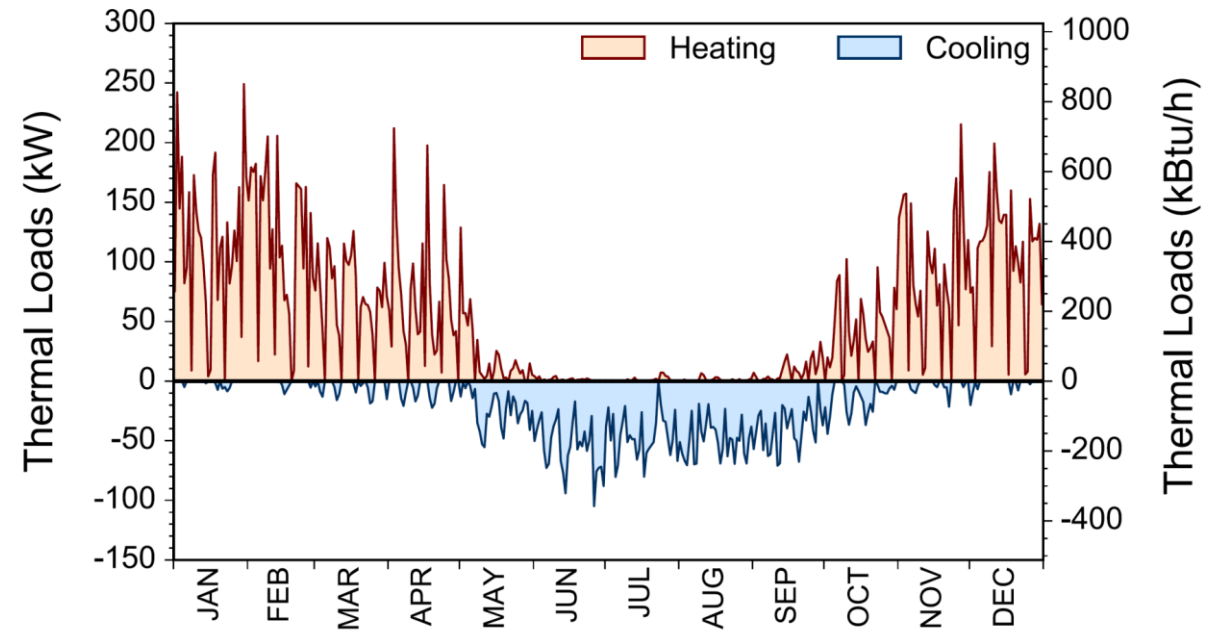


Saisonales Ungleichgewicht



Seasonal heat load variation illustrated by the daily average heat load during a year in a district heating systems with an annual heat supply of about 4400 TJ.

Daily heat load variations in Swedish district heating systems. Henrik Gadd [†], Sven Werner



Typical one-year building load profile of a reference 4982 m² office building located in the U.S. climate zone 5B enclosing Colorado.

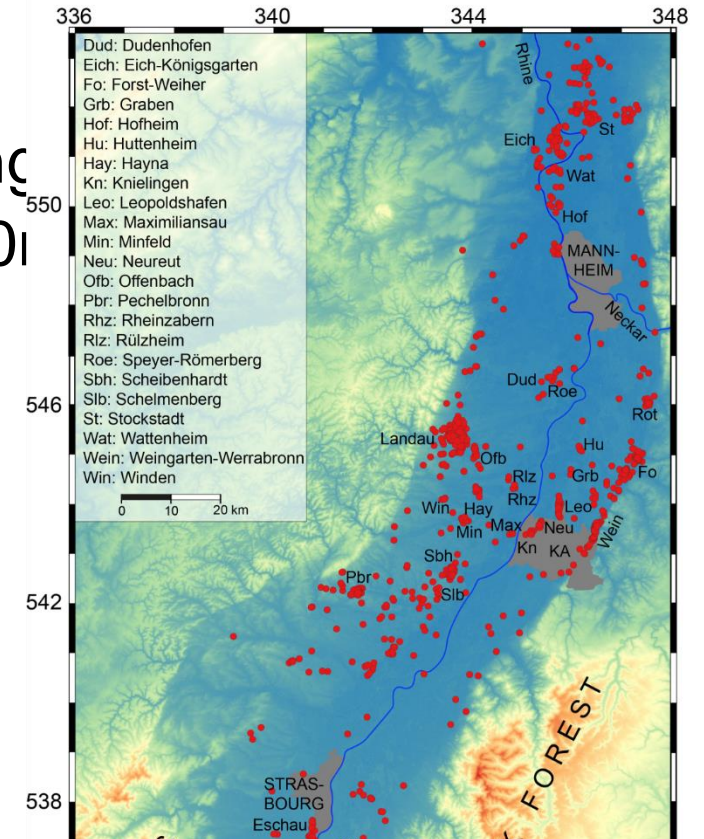
Nanocomposite Materials Used for Ground Heat Exchanger Pipes J.S. Gosselin 2017

Geothermische Nutzung der Erdölreservoire

■ Geothermie-Konzept am KIT-CN:

- Identische Formationen, jedoch keine frühere Nutzung
- Produktion in direkter Nachbarschaft (500m to >3'000m)
- >20 Bohrungen in Erdölfeld Leopoldshafen
- Vorteil : geringe Exploration erforderlich
 - Kosteffektiv
 - Zeit-sparend

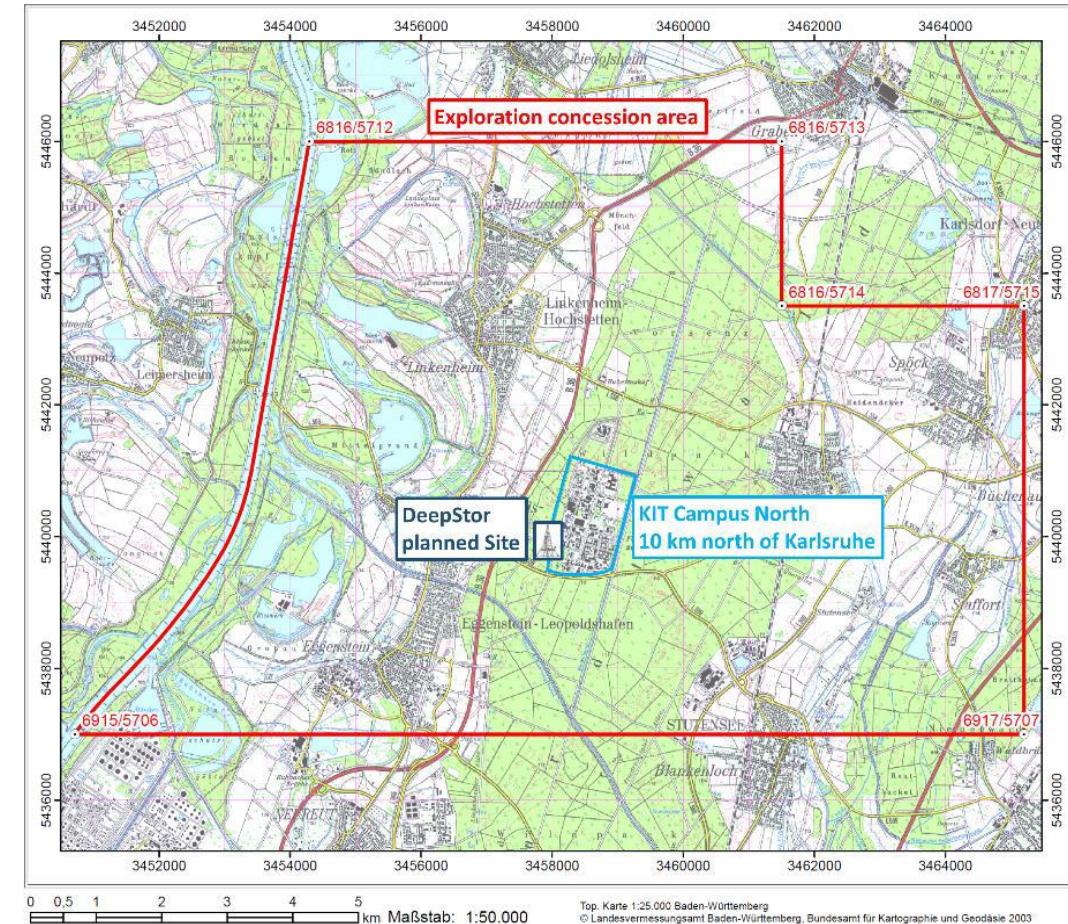
Boreholes ≥ 500 m depth



Kooperation Wissenschaft / Industrie – ein Schlüssel für Geothermische Forschung

■ Partnerschaft mit EnBW

- Sponsor Lehrstuhl Geothermie 2010-2019
- Langzeit Kooperation mit gemeinsamen
 - Studien
 - Projekten ,
 - Abschlussarbeiten (PhD / MSc / BSc)
- Gemeinsame Konzession KIT/EnBW am Campus Nord



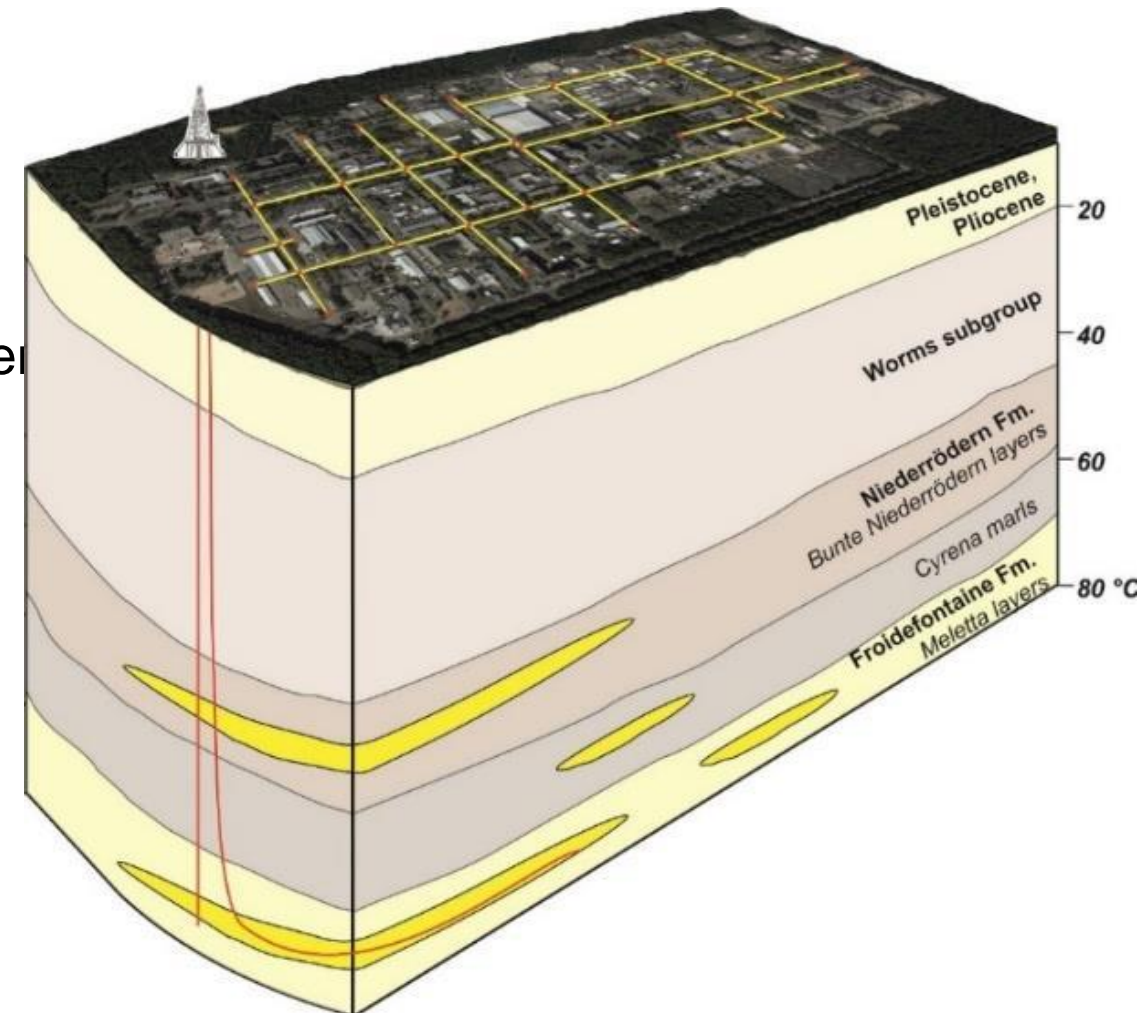
DeepStor Projekt

■ Hohe Sichtbarkeit

- Bei lokalen Entscheidungsträgern
- Weltweite akademische Partnerschaft,
- Weitere Unterstützung Industrie möglich
 - Z.B. Bohrindustrie, ...
- Übernahme der Konzept bei Stadtwerke München

■ Projektfortschritt

- Bohrplanung / Logging Programm erstellt:
 - Hauptbetriebsplan in Nov. 2024
- Technische Herausforderung : z.B.
 - Nutzung Pumpe für Injektion/Produktion
 - Kalzit Ausfällung, Wasserchemie
- Wissenschaftliche Herausforderungen: z.B.
 - Wasserchemie bei variierenden P/T Bedingungen
 - Mögliches Restöl, ...



The DeepStor GeoBatterie Konzept

- **DeepStor unterscheidet sich von andern geothermischen Projekten**
 - Begrenzte Wasser-Wegsamkeit notwendig
 - Begrenzter thermische Beeinflussung
 - Unabhängig vonj Untergrundtemperatur
 - Kombination mit anderen fluktuierenden Energieträgern möglich / notwendig
 - Notwendigkeit von Schlüsseltechnologie der Erdölindustrie
 - z.B. geosteering
 - Grosses Potential: Wichtiger Baustein für Wärmewende
- **DeepStor könnte eine "Blaupause" sein**
 - Variierender Energie-Bedarf durch unterschiedliche Bohrungs-Layout
 - Temperatur Level können der Quelle angepasst werden, ...

Schlussfolgerung

- **Standortverantwortung in Süddeutschland**
 - Wärmeproduktion bedeutend geringere Gefährdung
- **Die Geothermie wird zur Schlüsseltechnologie zur Energieversorgung am Oberrheingraben**
 - Risiken: Seismizität, Akzeptanz / Chancen: Wärme, Lithium, Speicherung
 - Herausforderung: Genehmigungslage: auch oberflächennahe Geothermie
- **Die Geothermie-Entwicklung mit weltweiten Lernkurven**
 - Forschung muss diesen Prozess konstruktiv begleiten
 - neue Lösungen erarbeiten