



- auf dem Weg zur Stromerzeugung

Von
M. Schindler¹,
J. Baumgärtner¹,
A. Genter²,
J.-J. Graff²,
Xavier Goerke²,
Thomas Kölbel³
Pia Herzberger³

¹ Bestec GmbH

² GEIE "Exploitation Minière de la Chaleur"

³ EnBW AG

Das Konsortium

Private Finanzierung
und Betrieb



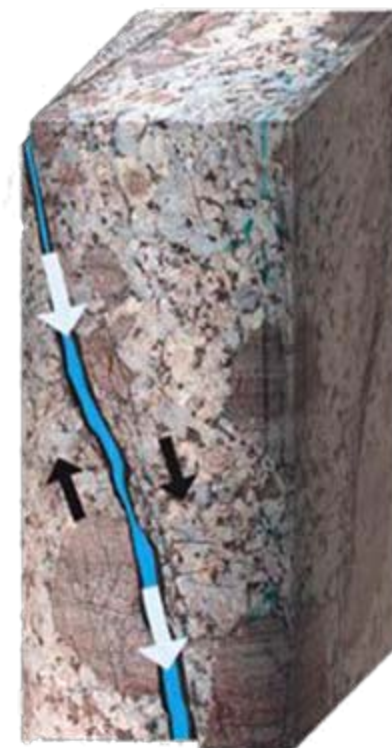
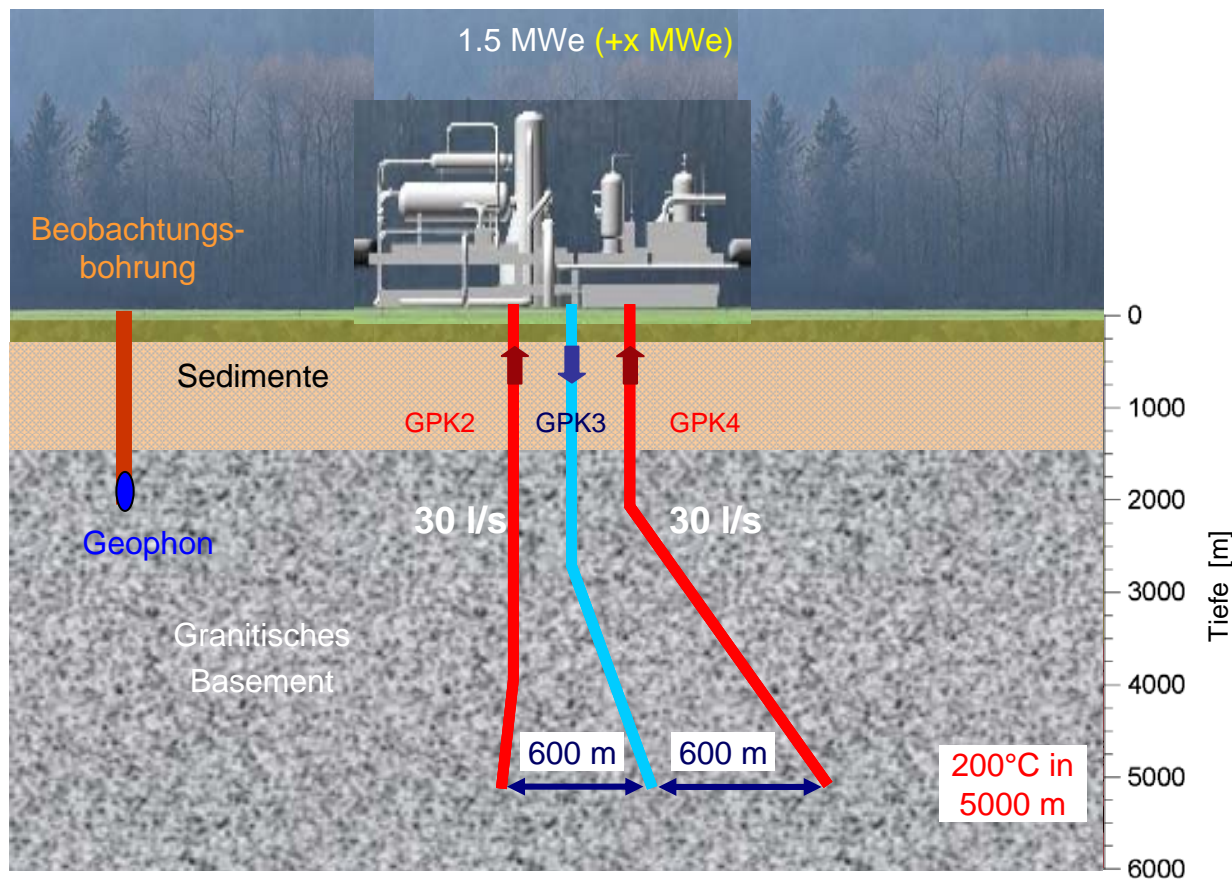
Öffentliche
Finanzierung



Wissenschaftliche
Partner



Konzept



Errichtung einer wissenschaftlichen und experimentellen Pilotanlage zur geothermischen Stromerzeugung aus kristallinen Formationen.
Großräumige Permeabilitätserhöhung durch Stimulation.

Projektverlauf

1987 – 1991

Exploration

- Bohren GPK1 bis 2000 m Tiefe
- Kernbohrung EPS1 bis 2227 m Tiefe

1991 – 1998

Dublette GPK1/GPK2 3600 m Tiefe

- Vertiefung GPK1 bis 3600 m Tiefe und Stimulation
- Bohren GPK2 bis 3880 m Tiefe und Stimulation
- Erfolgreiche Zirkulation zwischen GPK1 und GPK2

1999 – 2007

Triplette GPK2/GPK3/GPK4 5000 m Tiefe

- Vertiefung GPK2 bis 5080 m Tiefe und Stimulation
- Bohren GPK3 bis 5100 m Tiefe und hydraulische Stimulation
- Bohren GPK4 bis 5270 m und hydraulische Stimulation
- Zirkulation zwischen GPK3 (Injektion), GPK2 und GPK4 (Produktion)
- Chemische Stimulation

2007 – 2009

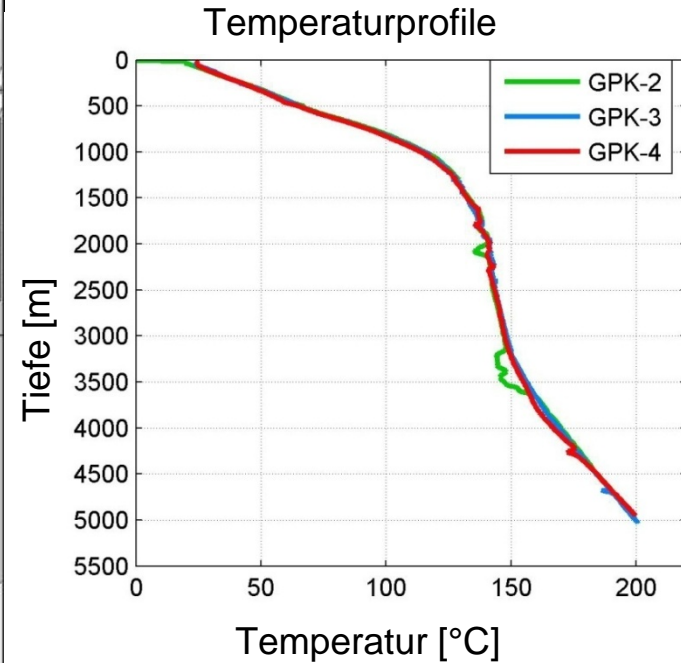
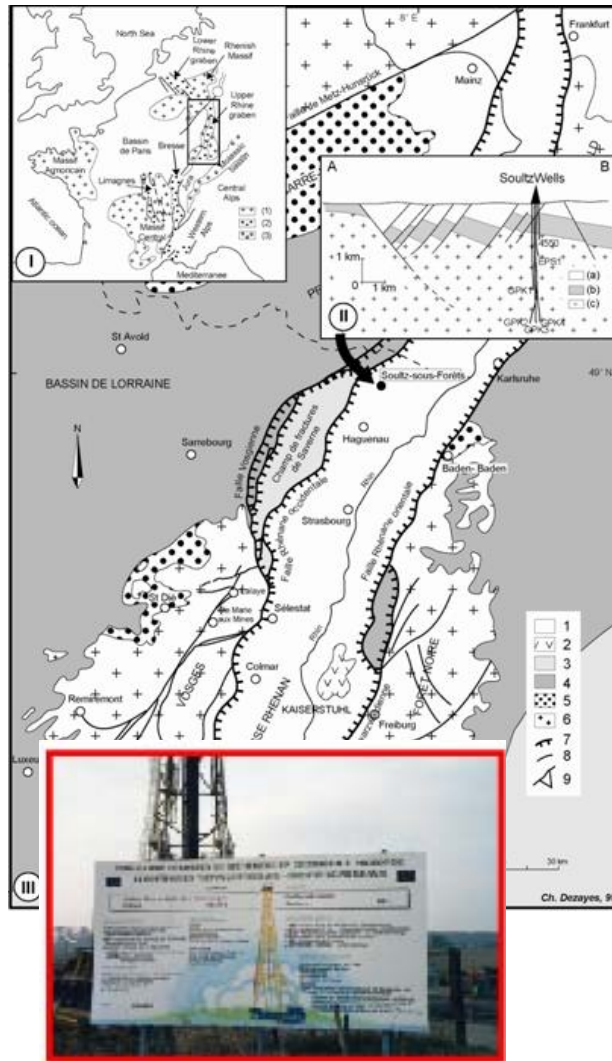
Bau eines 1.5 MW- Kraftwerks

- Bau und Installation der obertägigen Komponenten (Turbine, Generator, Wärmetauscher, Luftkühlsystem...)
- Installation einer LSP in GPK2 in 250 m, ESP in GPK4 in 500 m Tiefe
- VSP-Kampagne (März-April 2007)
- Erstmalige Stromproduktion (Juni 2008)
- **Inbetriebnahmephase**
- **Testbetrieb folgt**

Konzeptions- und Explorationsphase

1987 – 1991
Exploration

- Bohren GPK1 bis 2000 m Tiefe
- Kernbohrung EPS1 bis 2227 m Tiefe



-> Klüfte mit hydrothormaler Alteration, Hinweis auf geothermales System

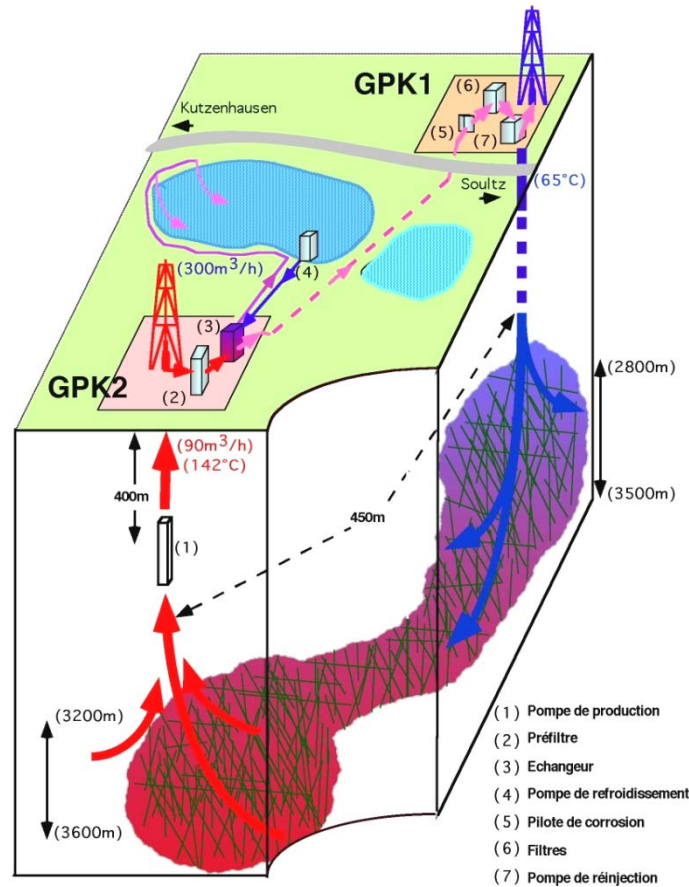
-> Formationswasser mit 100 g TDS/l

„Oberes Reservoir“

1991 – 1998

Dublette
GPK1/GPK2
3600 m Tiefe

- Vertiefung GPK1 bis 3600 m Tiefe und Stimulation
- Bohren GPK2 bis 3880 m Tiefe und Stimulation
- Erfolgreiche Zirkulation zwischen GPK1 und GPK2



Zirkulationstest 1997

(Gérard et al., 2006)

Erstmalige Zirkulation in einem geschlossenen Kreislauf!

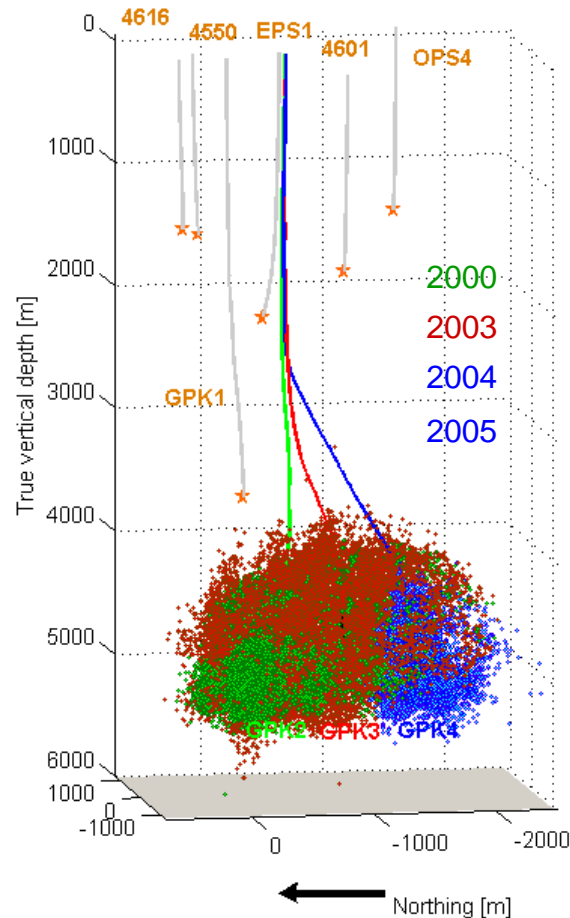
- 4 Monate
- 140 °C
- 10 MW_{th}
- Thermalwasseranteil von 70 % und steigende Salinität während der Zirkulation
- Seismizität während Zirkulation und Stimulation nicht signifikant

„Tiefes Reservoir“

1999 – 2007

Triplette
GPK2/GPK3/GPK4
5000 m Tiefe

- Vertiefung GPK2 bis 5080 m Tiefe und Stimulation
- Bohren GPK3 bis 5100 m Tiefe und hydraulische Stimulation
- Bohren GPK4 bis 5270 m Tiefe und hydraulische Stimulation
- Zirkulation zwischen GPK3 (Injektion), GPK2 und GPK4 (Produktion)
- Chemische Stimulation
- VSP-Kampagne zur Charakterisierung des Kluffnetzwerkes



Beobachtungen:

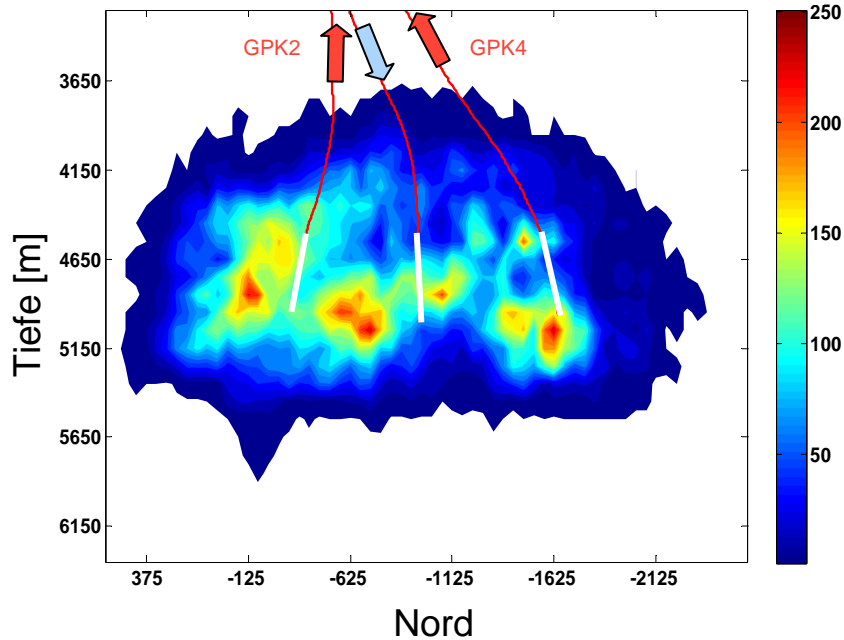
- bis zu 20-fache Erhöhung der Produktivität
- hauptsächlich Scherung auf Kluffflächen
- stimuliertes Volumen ca. 3 km³

Technische Entwicklungen:

- Entwicklung von HT-Dichtungen
- ‚freie‘ Casings für extreme Temperaturschwankungen
- Packer für Stressmessungen

Hydraulik und 3D-Strukturen

Seismische Dichte - Ansicht von Westen



Zirkulation über 5 Monate ohne Produktionspumpen:

15 l/s, max. 160 °C

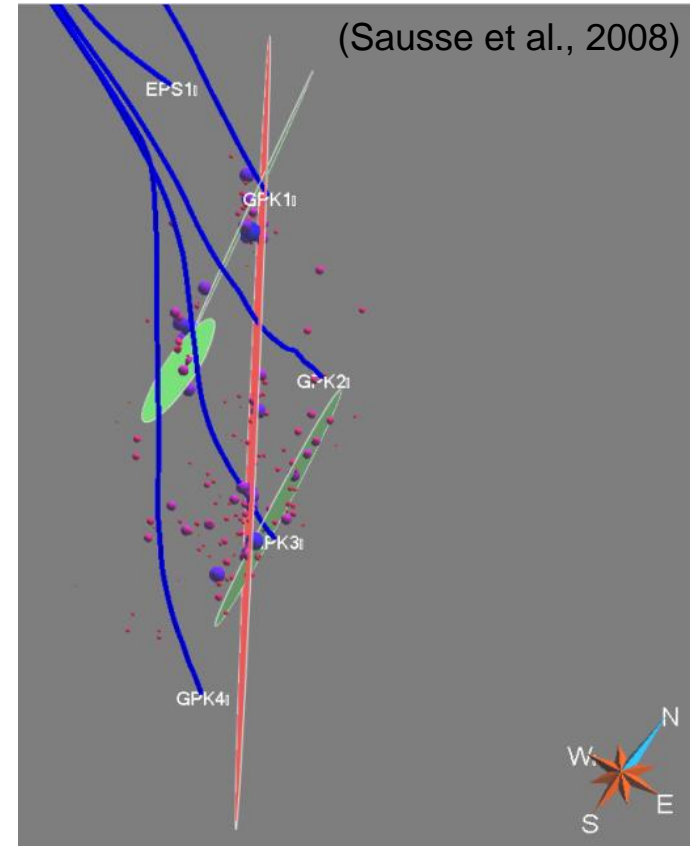
→ 6 MW_{th}

→ Thermalwasseranteil ca. 70 - 80 %

→ Hydraulisches Ungleichgewicht GPK2 <-> GPK4

→ GPK2 in Zirkulation produktiver als im

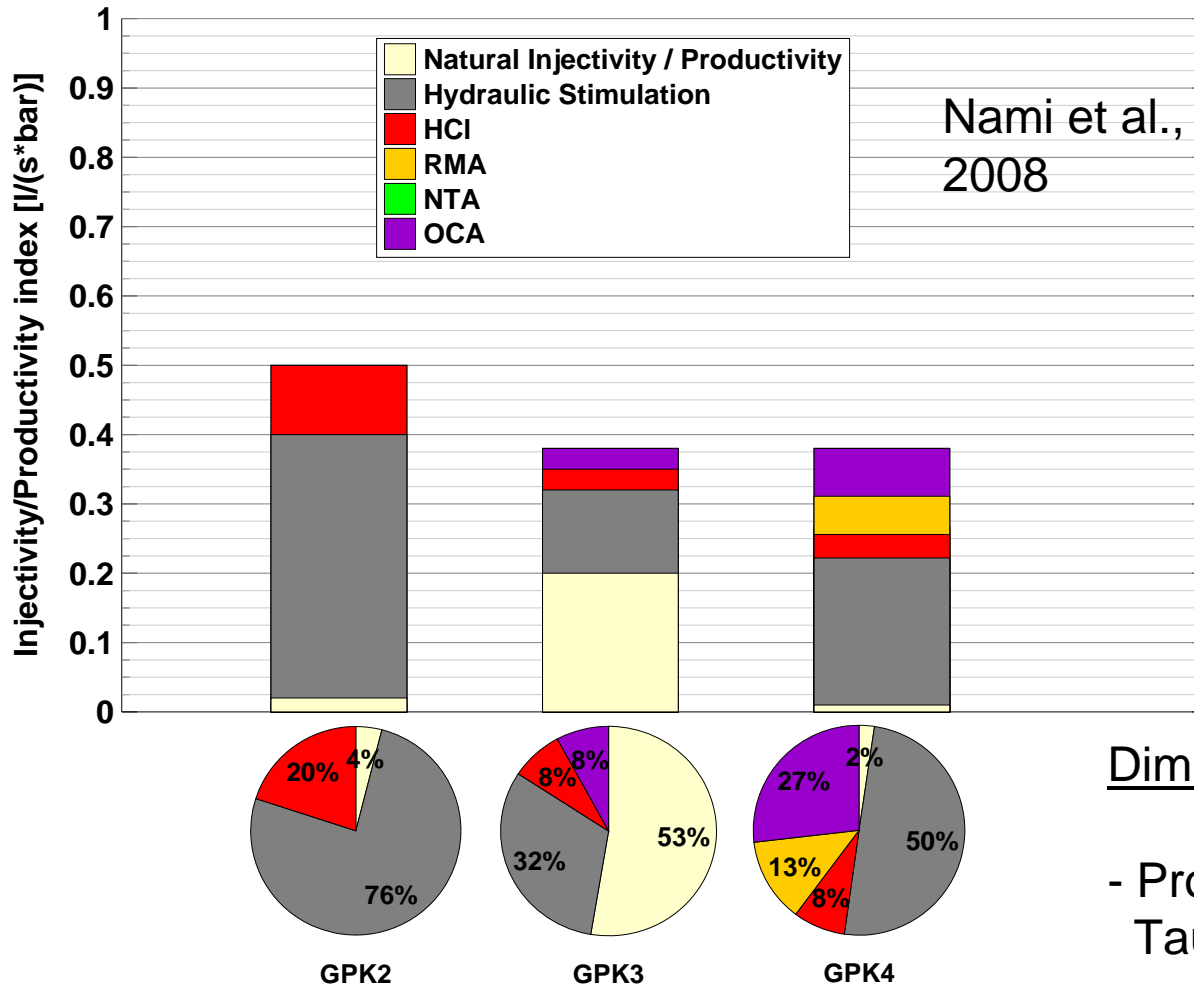
„Single well test“



3D-Modell der Störungen im Reservoir, basierend auf Bohrlochmessungen und VSP:

-> Hauptstörung verbindet GPK2 und GPK3

Bohrungen vor der Stromerzeugung



Dimensionierung des Kraftwerkes:

- Produktion aus GPK2 mithilfe einer Tauchpumpe
- erwartete Produktionsparameter: 35 l/s mit 175 °C
- Kraftwerksleistung 1.5 MW

Bau- und Testphase

2007 – 2009

Bau eines 1.5 MW-Kraftwerks

- Bau und Installation der obertägigen Komponenten (Turbine, Generator, Wärmetauscher, Luftkühlsystem...)
- Installation einer LSP in GPK2 in 250 m, ESP in GPK4 in 500 m Tiefe
- VSP-Kampagne (März-April 2007)
- Erstmalige Stromproduktion (Juni 2008)
- **Inbetriebnahmephase**
- **Testbetrieb folgt**

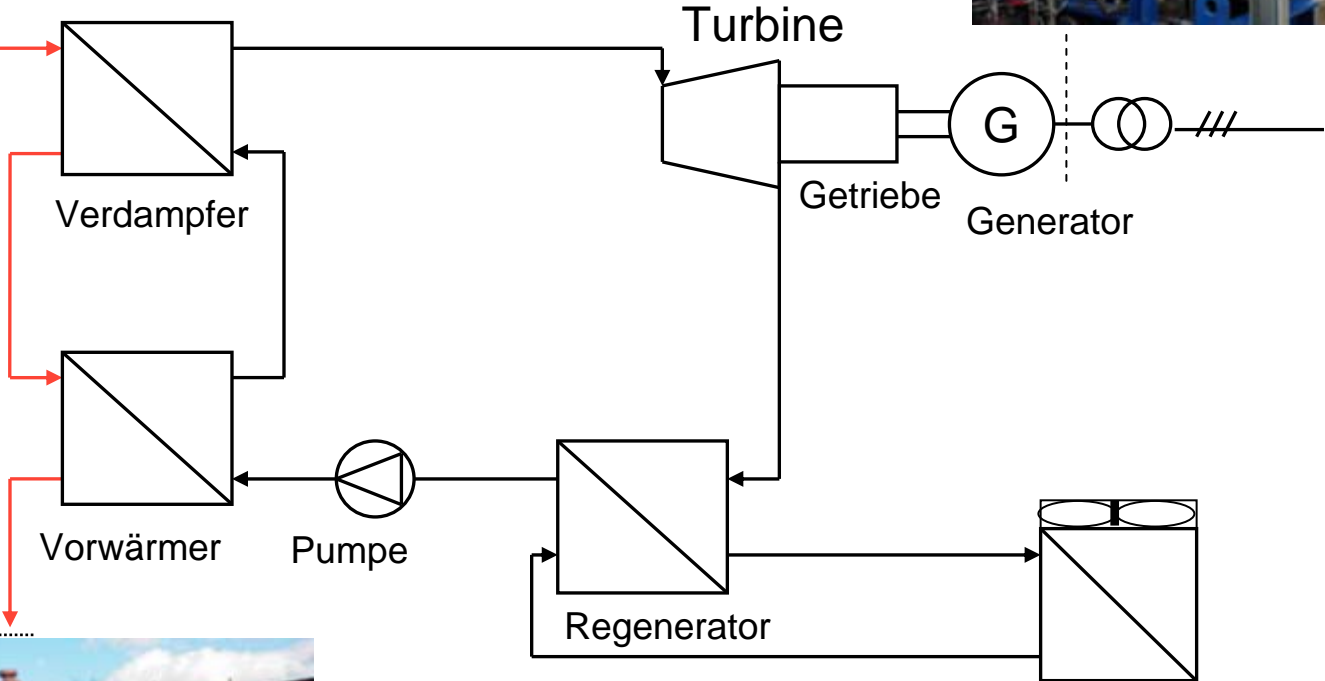


Kraftwerksdesign



ORC-Anlage, Arbeitsmedium Isobuthan

Thermalwasser-
kreislauf
GPK2/GPK3

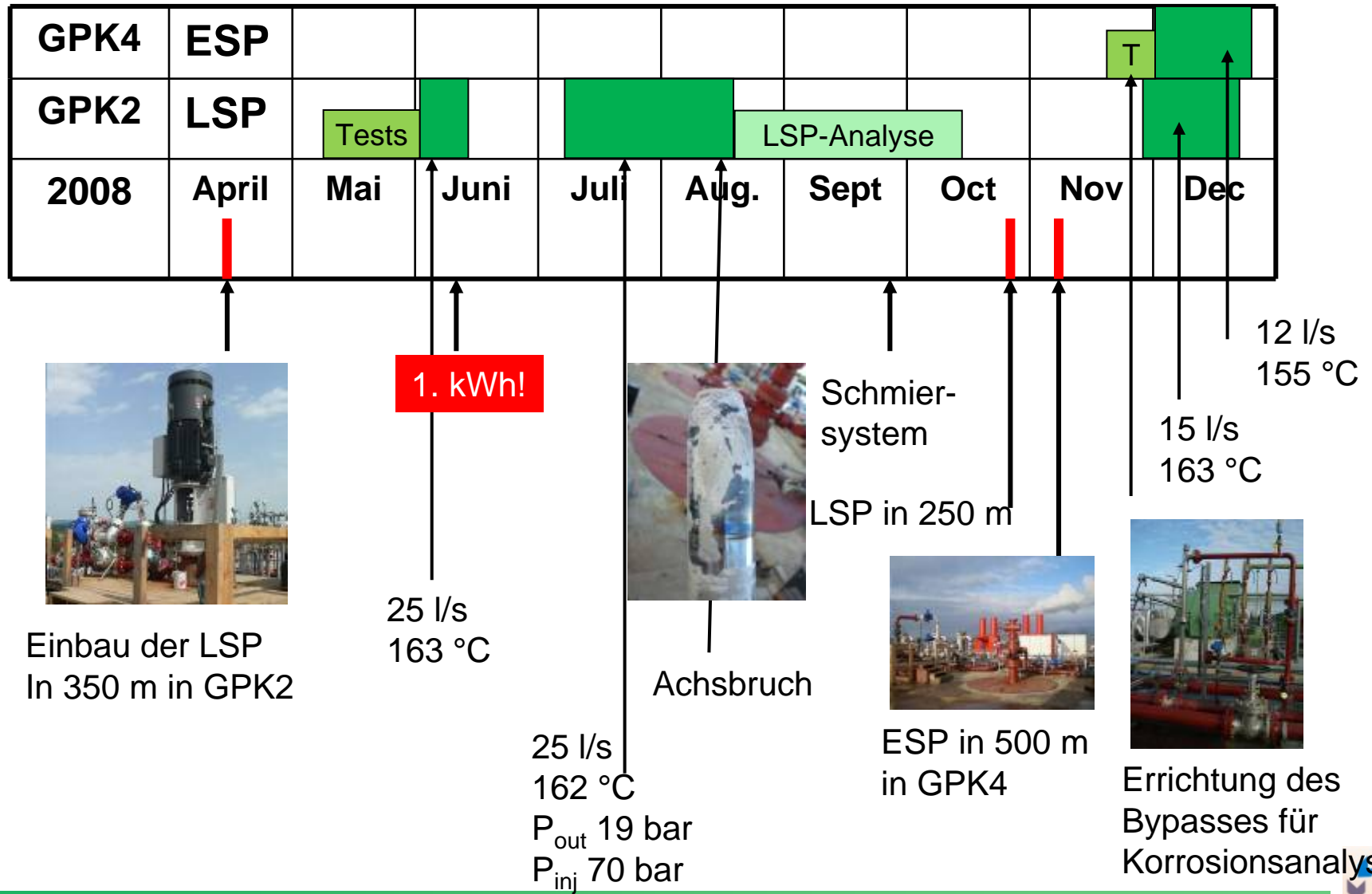


Gestänge-
pumpe in
350 m



Kondensator

Überblick der Arbeiten 2008



Gestängepumpe in GPK2



- Einbautiefe 350 m
- max. Leistung ~ 300 kW

Materialforschung



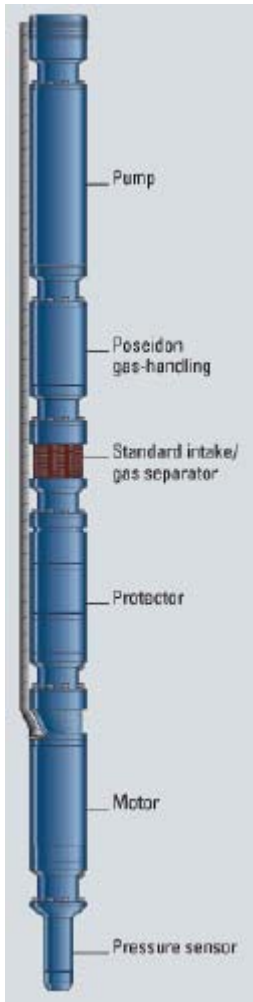
-> Wellenbruch durch
Friktion und
anschließende
Überhitzung

-> Erosion an
Impellern



-> in-situ-Korrosionsproben,
Test von Inhibitoren,
Wasserchemie,
Online Messung von pH, T,
Redoxpotential,
el. Leitfähigkeit

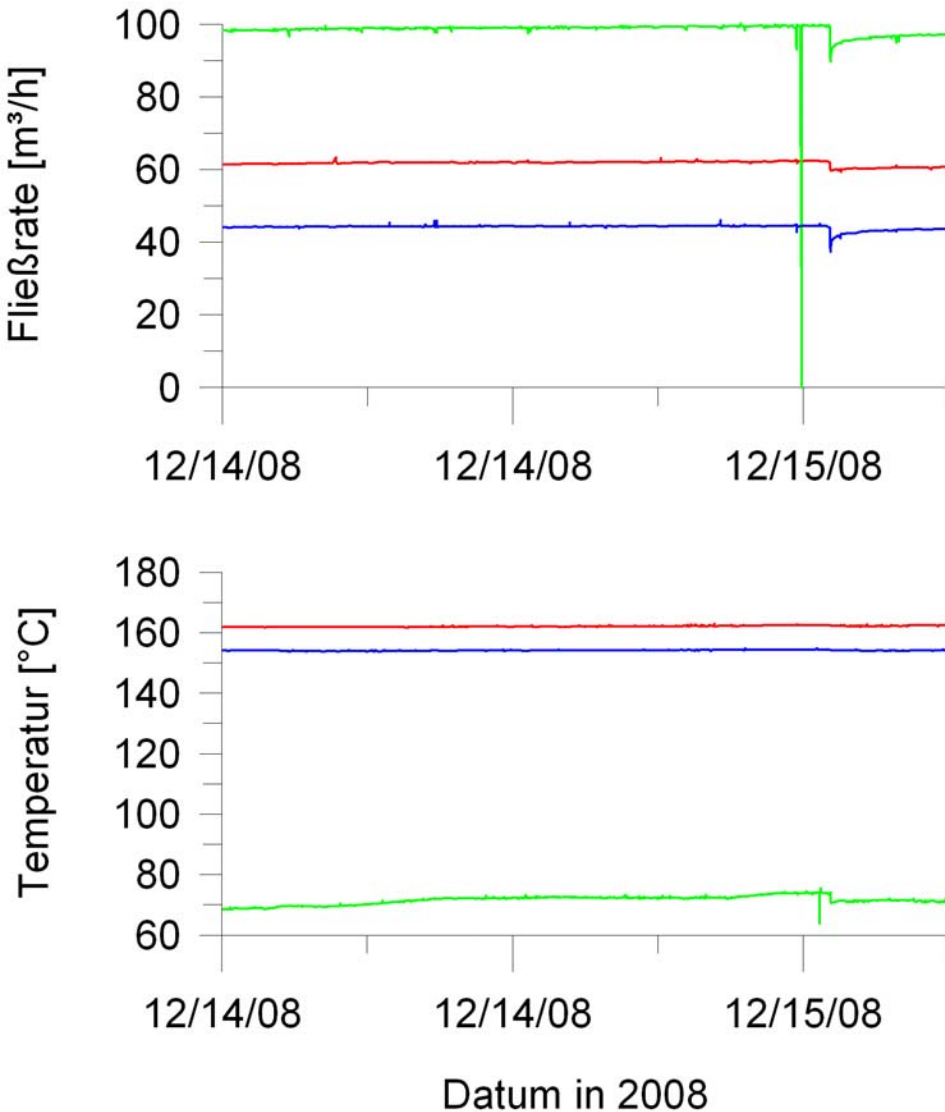
Unterwassermotorpumpe in GPK4



Einbautiefe 500 m

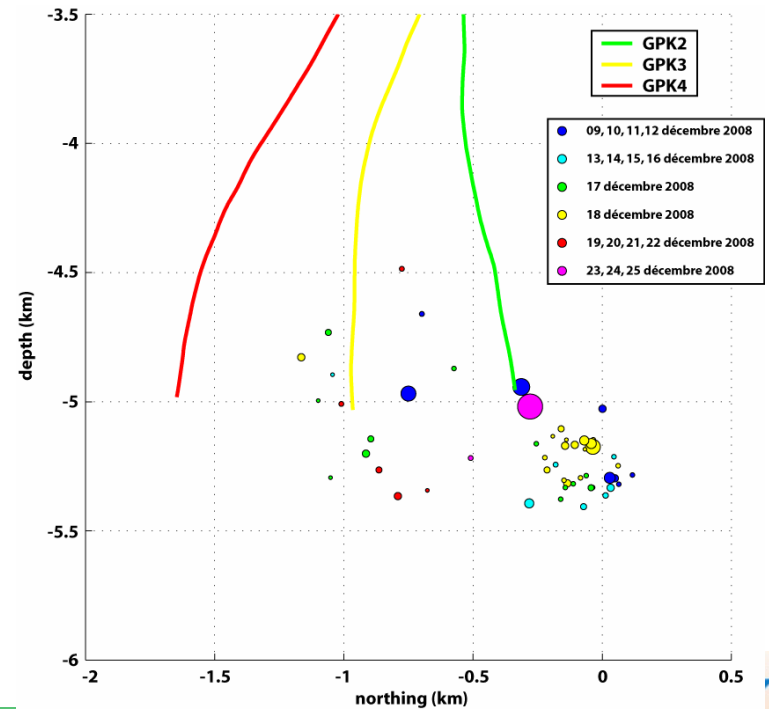
Pumpleistung: ~ 300 kW

Zirkulation 2008, 2. Teil



3-wöchige Testzirkulation 2008:

- GPK2 16 l/s, 163 °C
 - GPK4 12 l/s, 155 °C
 - > thermische Leistung ~ 12 MW_{th}
- Seismizität nicht signifikant!



Zusammenfassung und Ausblick

Aktueller Stand:

- > Zirkulation des Reservoirs mit Tauchpumpen mehrfach erfolgreich demonstriert
- > ausführliche Tests der Komponenten
- > Zirkulation mit Tracertests: Gastracer ist mittlerweile durchgelaufen, organischer Tracer wird demnächst fertig sein.
- > Anlage ist bereit für die Wiederaufnahme des Testbetriebes und Abnahme
- > Möglichkeit, in GPK1 zu verpressen

Projektphase 2009 – 2011:

- > Langzeitbegleitung des Kraftwerksbetriebes
- > Optimierung der ober- und untertägigen Materialauswahl
- > Reservoirmonitoring und Reservoirmodellierung –hydraulisch, thermisch, mechanisch, geologisch, chemisch, in Bezug auf Mikroseismik
- > Optimierung der Energieausbeute durch Anpassen des Zirkulationsregimes
- > Wissenstransfer - Soultz als Trainingszentrum für Geothermie

Injektion GPK1? Erweiterung um ein weiteres Stromerzeugungsmodul?

Einspeisevergütung

Einspeisetarife in Frankreich:

Aktuell 12 ct/kWh auf die Nettoleistung

Erhöhung auf > 20 ct/kWh auf Nettoleistung wird nach Verhandlungen erwartet im zweiten Quartal 2009



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Dankeschön an alle wissenschaftlichen und technischen Partner
im Soultz-Projekt und an die
Fördereinrichtungen BMU, ADEME und EU sowie an die EWIV 'Wärmebergbau'.

