



G.E.O.S.

INGENIEUR-
GESELLSCHAFT MBH

**Geokompetenz
aus einer Hand**

**Die Rolle von Vorstudien und
Machbarkeitsstudien bei der
Entwicklung von
Geothermieprojekten**

Dr. R. Kahnt

Workshop „Kommunale Wärmewende mit Geothermie“, 17.03.206

Gründung

1990
(1872)

Umsatz

35
Mio €

(inkl. Tochtergesellschaften)

Mitarbeiter

230
Ingenieure &
Wissenschaftler



Stark vernetzt
für unsere Kunden
im Einsatz.

Niederlassungen

Hauptsitz Halsbrücke
bei Freiberg

Chemnitz



Lehrte

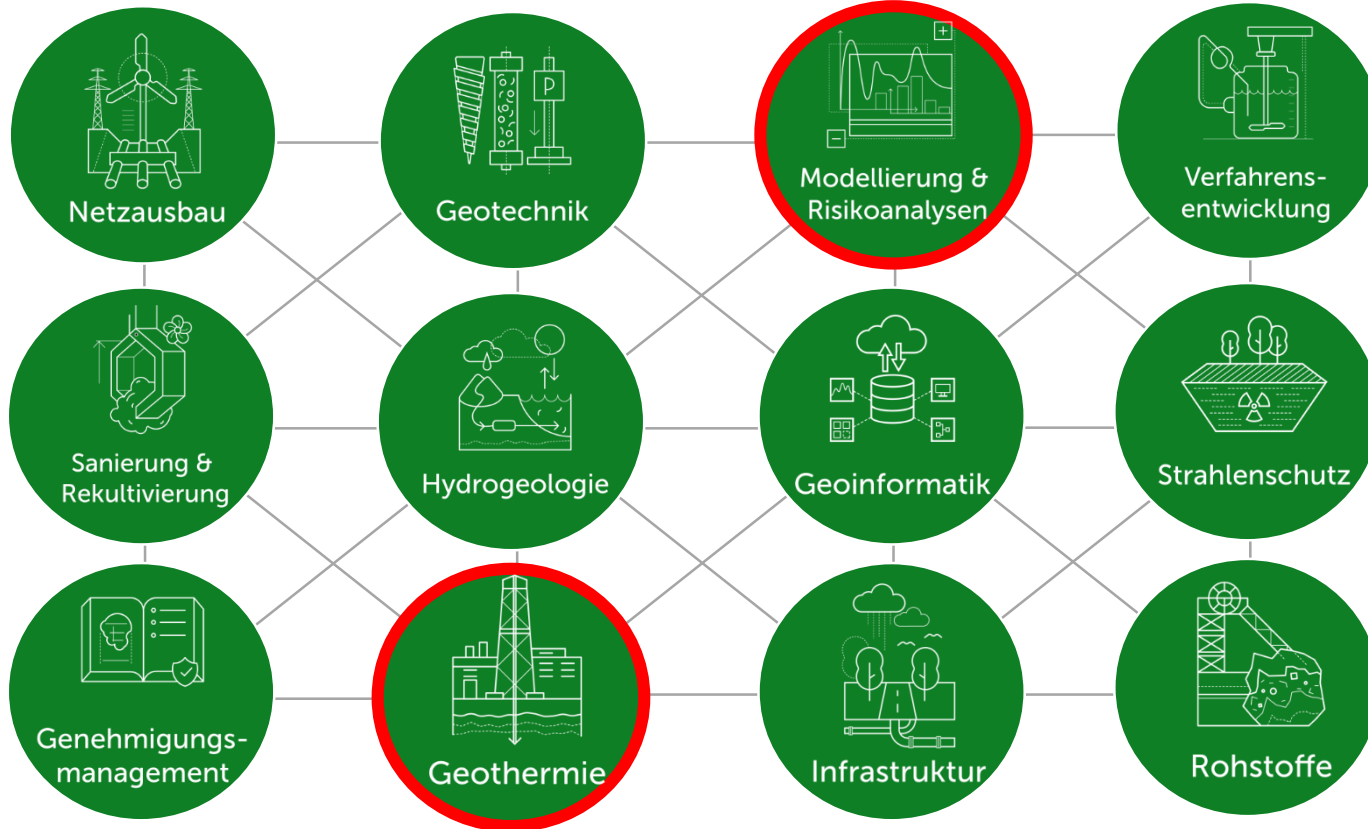
Leipzig

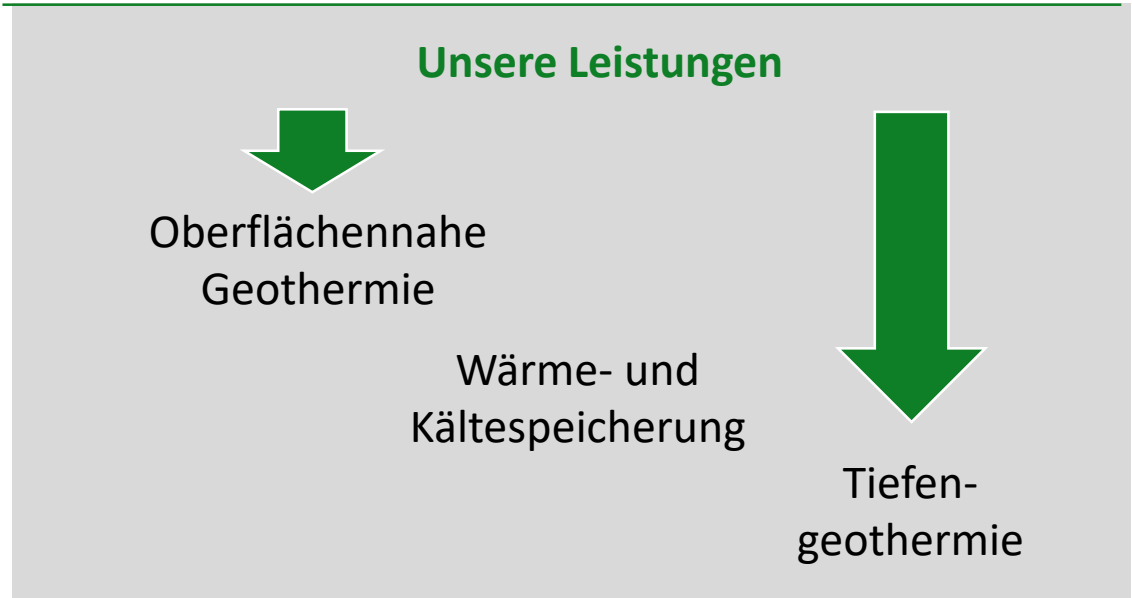
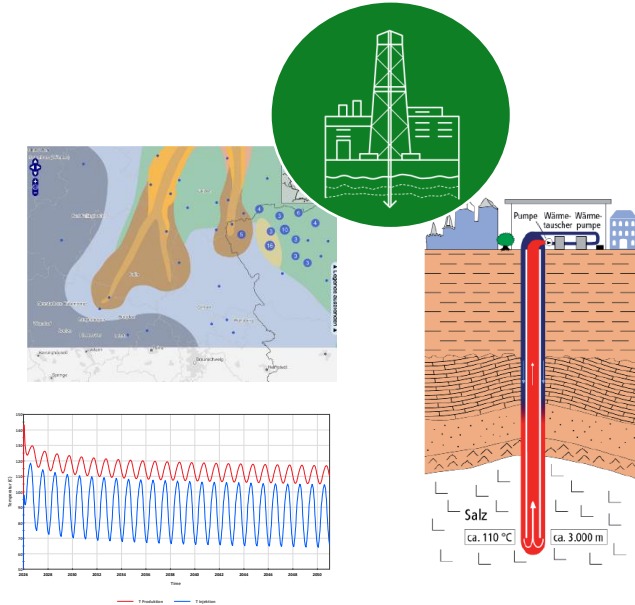
Halle

Rostock

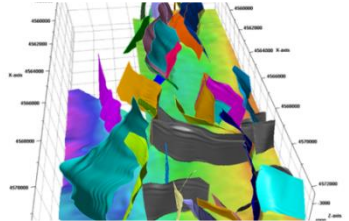
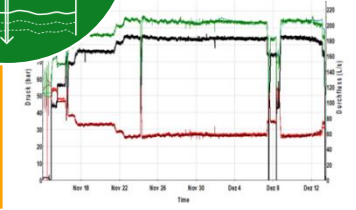
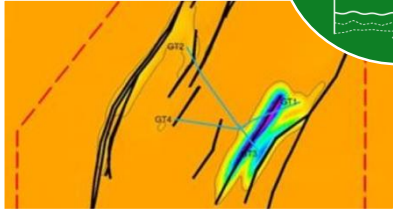
München







Seit 2007 hat sich das Geschäftsfeld kontinuierlich entwickelt – derzeit ca. 20 Mitarbeiter

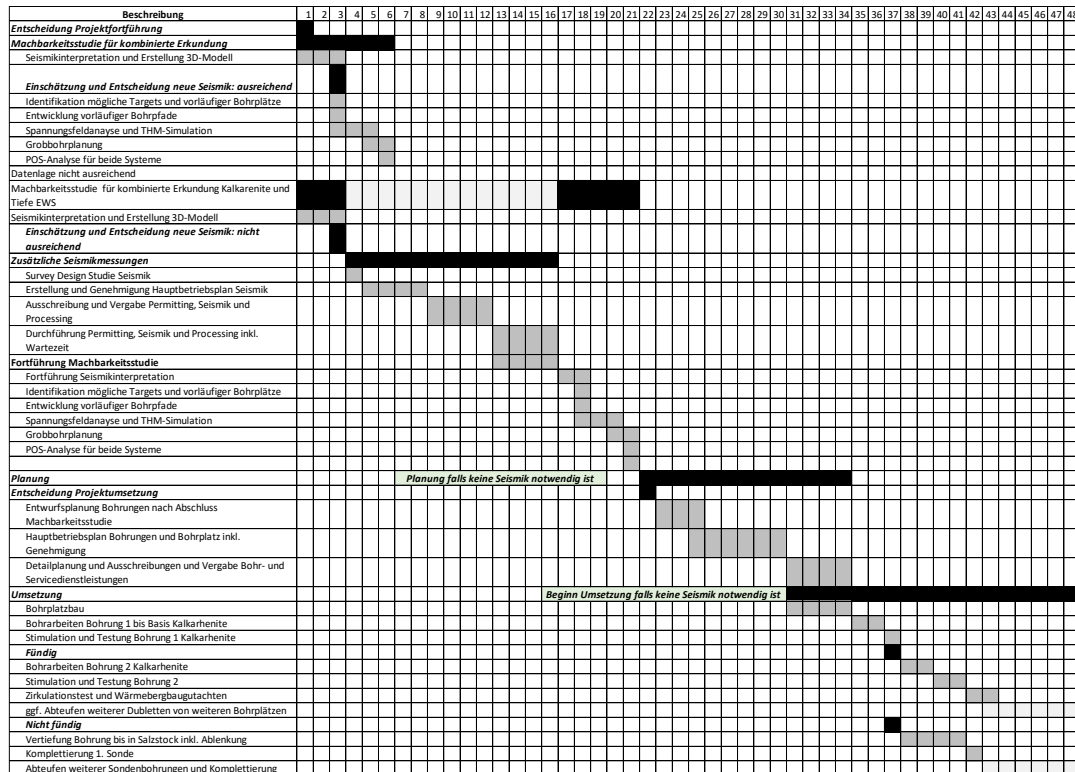


Unsere Leistungen

- **Vor-, Machbarkeits- und Due Diligence Studien**
- **Fündigkeitsuntersuchungen / POS-Studien**
- Interpretation von 2D- und 3D-Seismik und Bohrlochmessungen und Erstellung von 3D-geologischen Modellen (PETREL)
- Gekoppelte hydraulisch-thermisch-mechanisch-chemische Simulationen & Analysen (ECLIPSE, OGS, COMSOL)
- Testplanung, -begleitung & Auswertung inkl. Wärmebergbaugutachten
- Bohrplanung & geologische Bohrbegleitung
- Betriebspläne und Genehmigungsmanagement

In den letzten 10 Jahren haben wir zu mehr als 60 Tiefengeothermieprojekten in allen Regionen Deutschlands, in den Niederlanden, Finnland, Italien und Ungarn beigetragen.

Typischer Ablauf hydrothermale Geohtermie



Arbeitsschwerpunkt	ca. Kosten (T€)	Zeit (Mon)
Vorstudie	20 - 40	2
Erlaubnis Antrag inkl. Genehmigung	Okt 15	3 - 6
Ggf. neue 2D / 3D - Seismik	300 - 5000	12
Machbarkeitsstudie	100 - 200	3 - 6
Genehmigungs- und Ausführungsplanung und Vergabe	100 - 400	6 - 9
Bohrplatzbau	1000 - 3000	2 - 4
Bohren und Testen 1. + 2. Brg.	4000 - 40000	3 - 20
Zirkulationstest, Wärmebergbaugutachten etc.	100	3

Ziele:

- Standortcharakterisierung und vorläufige Bewertung geothermischer Technologien
- Quantitative Grob-Charakterisierung und Identifikation Vorzugsvariante
- Empfehlung Fortführung

Schwerpunkte:

- Überblick Geologie und Hydrogeologie
- Schutzgebiete und Restriktionen
- Datenrecherchen und Datenabfragen, speziell Bohrungs- und Seismikdaten
- Grobkonzipierung und -planung der sinnvollen geothermischen Systeme
- Geologische und hydrogeologische Parameter
- **POS-Analyse aller sinnvollen Technologien inkl. Berechnung Temperatur, Förderrate, thermische Leistung und spez. Wärmegestehungskosten**
- Empfehlung für Vorzugstechnologie

Ziele:

- Detaillierte Bewertung, Quantifizierung und Grobplanung der präferierten geothermischen Technologie
- Technische, geologische und wirtschaftliche Machbarkeit sowie Grundlagen Planung

Schwerpunkte:

- Detaillierte Interpretation Seismik/Geophysik und Erstellung 3D-Modell (PETREL)
- Detaillierte geologische Interpretation Reservoir anhand Geophysik und Offsetbohrungen
- Identifikation von Targets und Unterstützung AG bei Bohrplatzsuche sowie Entwicklung vorläufiger Bohrpfade
- Spannungsfeldanalyse und gekoppelte thermisch-hydraulisch-mechanische Simulation
- Grobbohrplanung sowie Zeit- und Kostenschätzung
- Präzisierung POS
- Empfehlung für weiteres Vorgehen

Grundkonzept:

- Bereits in der Vorstudie werden alle geothermischen Systeme in vergleichbarer Detailschärfe unter Berücksichtigung aller Unsicherheiten in einer POS quantifiziert
- objektive Vergleichbarkeit der Systeme anhand thermischer Leistungen und spezifischer Wärmegestehungskosten
- POS wird über das Projekt fortgeschrieben und immer weiter präzisiert

Eingangsparameter inkl. Bandbreiten / Unsicherheiten:

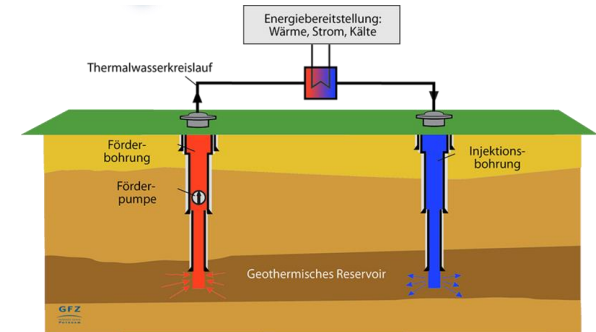
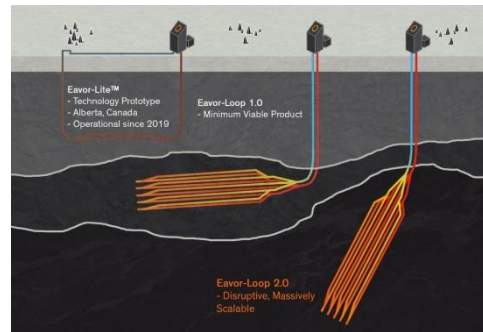
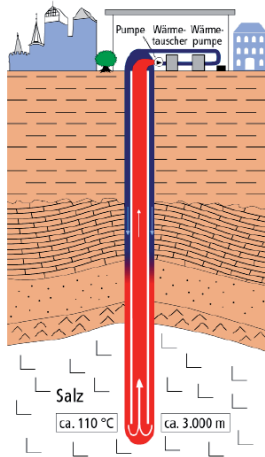
- Hydraulische Durchlässigkeit / Permeabilität der potenziellen Reservoirs
- Effektive Mächtigkeit und Tiefenlage Reservoirs
- Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität
- Mineralisation
- Systemgeometrien

Zielgrößen als Verteilungsfkt.:

- Fördertemperatur
- Förder- und Injektionsrate
- Thermische Leistung ggf. mit WP
- Invest- und Betriebskosten
- Spezifische Wärmegestehungskosten

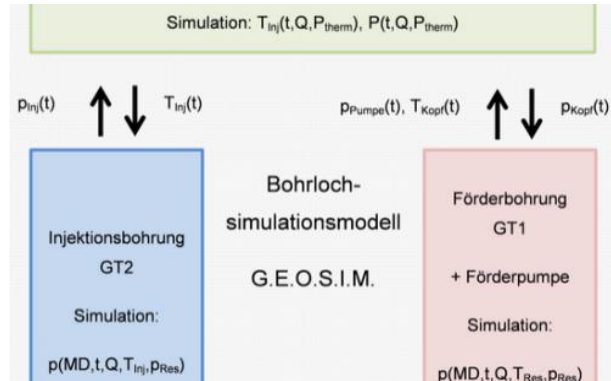
Standortspezifischer Systemvergleich:

- Tiefe Erdwärmesonden
- Eavor-Loop-System
- Hydrothermale Geothermie für verschiedene potenzielle Horizonte



Grundkonzept:

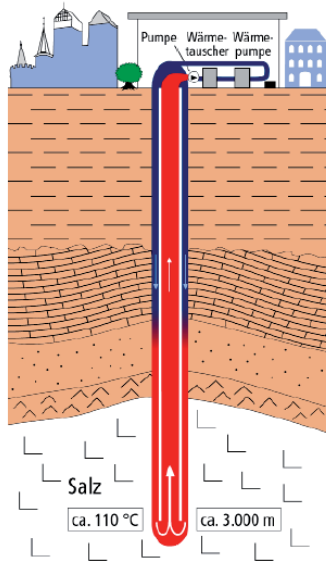
- Voll gekoppelte probabilistische physikalisch voll gekoppelte Simulation aller Prozesse in den Bohrungen und im Reservoir unter Berücksichtigung von Unsicherheiten / Verteilungsfunktionen
- Module für alle geothermischen Systeme



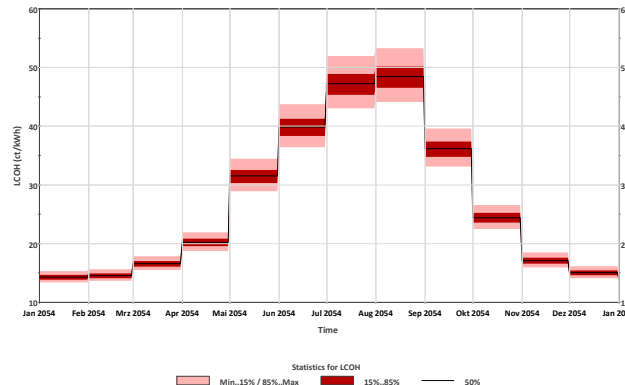
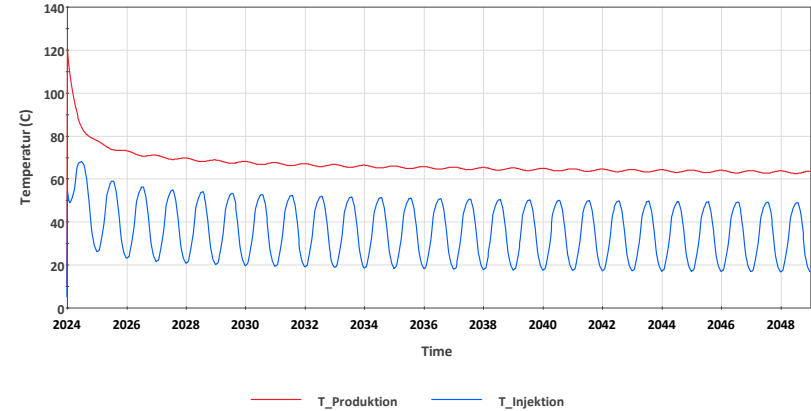
Bohrlochsimulator G.E.O.S.I.M.

- Simulation von Prozessen im Bohrloch / Reservoir
- Nachrechnung hydraulischer Tests
- Fündigkeitsuntersuchungen
- Berechnung thermischer & elektrischer Leistung
- Simulation von hydrothermalen Dubletten / Doppeldubletten etc., tiefen Erdwärmesonden, Eavor-Loop-Systemen, petrothermalen EGS-Systemen, oberflächennahen Grundwassernutzungen etc.

Tiefe Erdwärmesonden (4 – 6 km im Salz):



Zeitlicher Verlauf
Förder- und
Injektionstemperatur
für ein Szenario



Monatliche Schwankung spezifischer
Wärmegestehungskosten

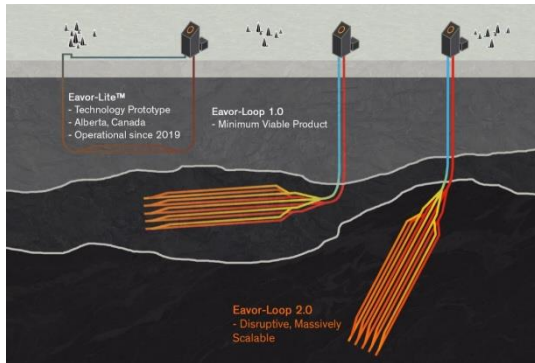
Mittelwert über das Jahr

50% Perzentil -> 15,2 ct/kWh

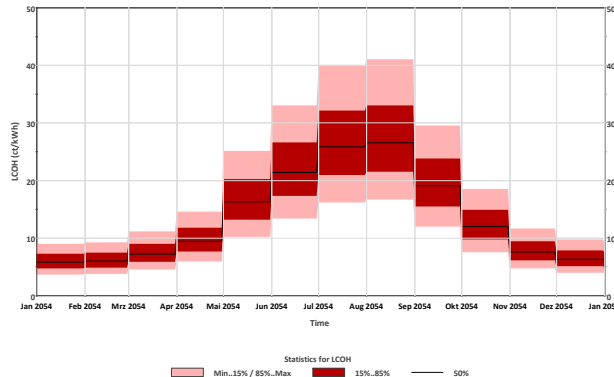
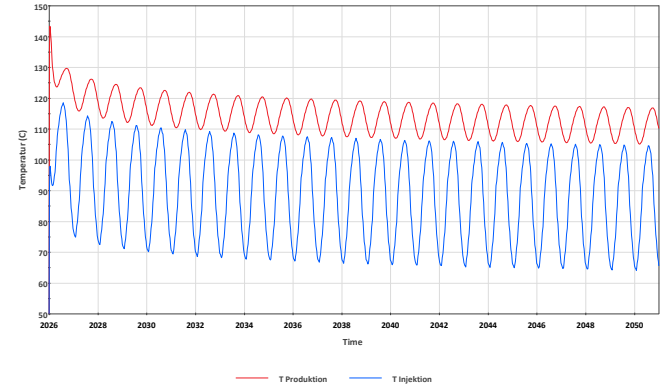
85% Perzentil -> 18,5 ct/kWh

Beispiel Ergebnisse POS einer Vorstudie

Eavor-Loop-System 2.0:



Zeitlicher Verlauf
Förder- und
Injektionstemperatur
für ein Szenario



Monatliche Schwankung spezifischer
Wärmegestehungskosten

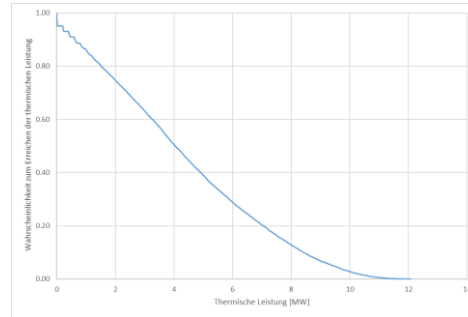
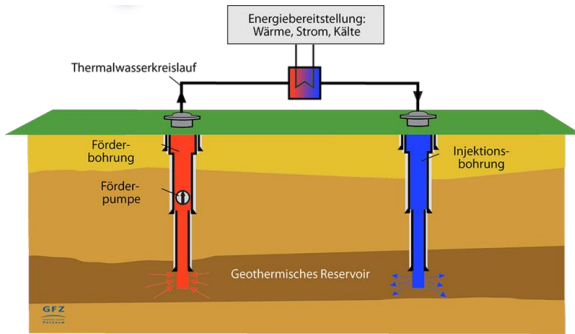
Mittelwert über das Jahr

50% Perzentil -> 10,3 ct/kWh

85% Perzentil -> 15,4 ct/kWh

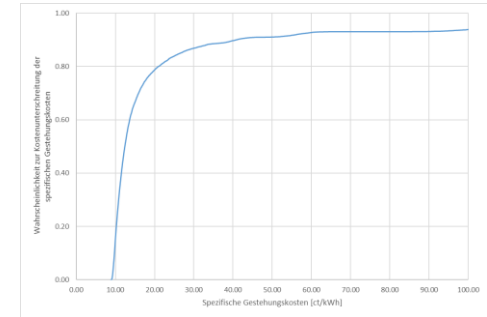
Beispiel Ergebnisse POS einer Vorstudie

Hydrothermale Dublette:



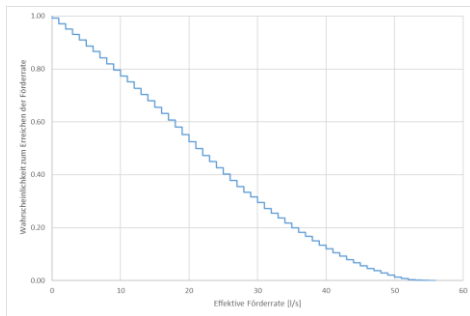
Verteilungsfunktion therm. Leistung

- 50% Perzentil: 4,3 MW
- 80% Perzentil: 1,5 MW



Verteilungsfunktion spez. Kosten

- 50% Perzentil: 12,4 ct/kWh
- 80% Perzentil: 21,0 ct/kWh

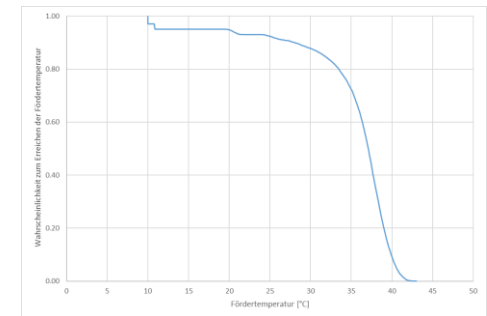


Verteilungsfunktion Förderrate

- 50% Perzentil: 21 l/s
- 80% Perzentil: 9 l/s

Verteilungsfunktion Fördertemperatur

- 50% Perzentil: 37,1°C
- 80% Perzentil: 33,5°C



Beispiel Ergebnisse POS einer Vorstudie

System	Wärmemenge [GWh/a]	CAPEX [Mio. €]	OPEX [Mio. €]	LCOH [ct/kWh]
Tiefe Erdwärmesonde, Szenario 1	8,5	50% Perzentil: 18,6	50% Perzentil: 1,06 Sommermonate: 0,8 – 0,9 Wintermonate: 1,2 – 1,4	50% Perzentil Jahr: 21,1 Sommermonate: >40 Wintermonate: 14 – 17
Tiefe Erdwärmesonde, Szenario 2	17	50% Perzentil: 26,5	50% Perzentil: 1,86 Sommermonate: 1,1 – 1,4 Wintermonate: 2,5 – 2,7	50% Perzentil Jahr: 15,2 Sommermonate: >25 Wintermonate: 11 – 13
Tiefe Erdwärmesonde, Szenario 3	17	50% Perzentil: 26,5	50% Perzentil: 1,99	50% Perzentil Jahr: 15,5
Eavor-System	85	50% Perzentil: 172	1,6	50% Perzentil Jahr: 10,3 Sommermonate: 19 – 40 Wintermonate: 5 – 12
Tiefe hydrothermale Geothermie, Szenario 1	50% Perzentil: 33	50% Perzentil: 35	50% Perzentil: 2,8	50% Perzentil Jahr: 12,4
Tiefe hydrothermale Geothermie, Szenario 2	50% Perzentil: 13	50% Perzentil: 5,9	50% Perzentil: 1,0	50% Perzentil Jahr: 9,4
Tiefe hydrothermale Geothermie, Szenario 3	50% Perzentil: 33	50% Perzentil: 28,7	50% Perzentil: 2,6	50% Perzentil Jahr: 11,2

- Vorstudie stellt Weichen für grundsätzliche Machbarkeit und favorisierte Technologie
- Muss möglichst objektiv und quantitativ sein
- POS ist ein Werkzeug um:
 - Konsequenzen Unsicherheiten aufzuzeigen
 - Objektiviert Entscheidungsvorschläge zu machen

→ POS ist Kern der Vorstudien von G.E.O.S.



G.E.O.S.

INGENIEUR-
GESELLSCHAFT MBH

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Dr. R. Kahnt
Telefon: +49 3731 369 407
E-Mail: r.kahnt@geosfreiberg.de

www.geosfreiberg.de