

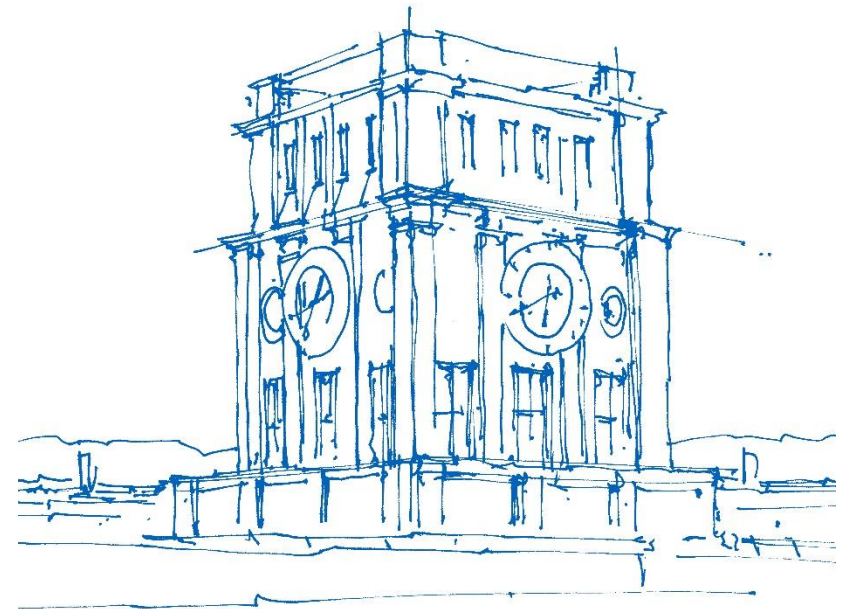
Geothermie-Forschung an der TUM

Geothermie-Allianz Bayern

Tag der offenen Tür Campus Garching

22.10.2016

Dr. Katharina Aubele



Uhrenturm der TUM

Agenda

1. Was ist Geothermie?
2. Nutzungsmöglichkeiten
3. Geothermie-Forschung an der TUM
4. Die Geothermie-Allianz Bayern

Was ist Geothermie?

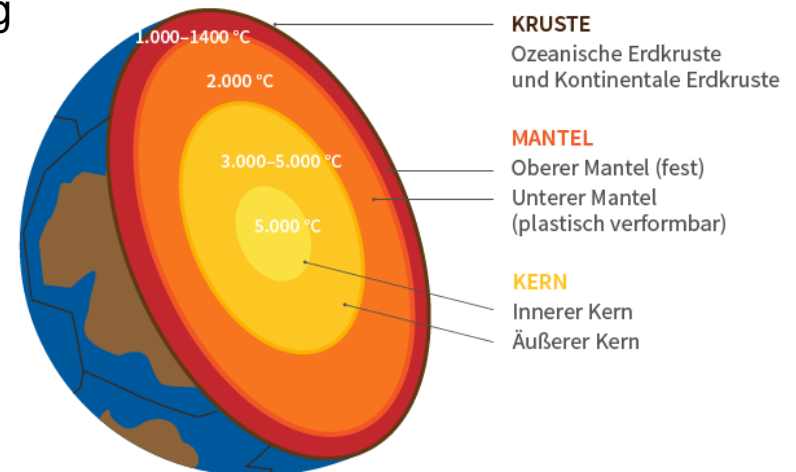
Griechisch: Ge (Gaia): Erde + thermos: warm = Erdwärme

Primäre Quellen:

- Zerfall natürlich vorkommender radioaktiver Elemente in Erdmantel und Erdkruste
- Restwärme aus der Zeit der Erdentstehung (Akkretionswärme)
- Differenzierung des Erdinneren nach Dichteunterschieden
- Kristallisationswärme an der Grenze innerer/äußerer Erdkern
- Gezeitenkräfte und dadurch entstehende Reibung

Wohin damit?

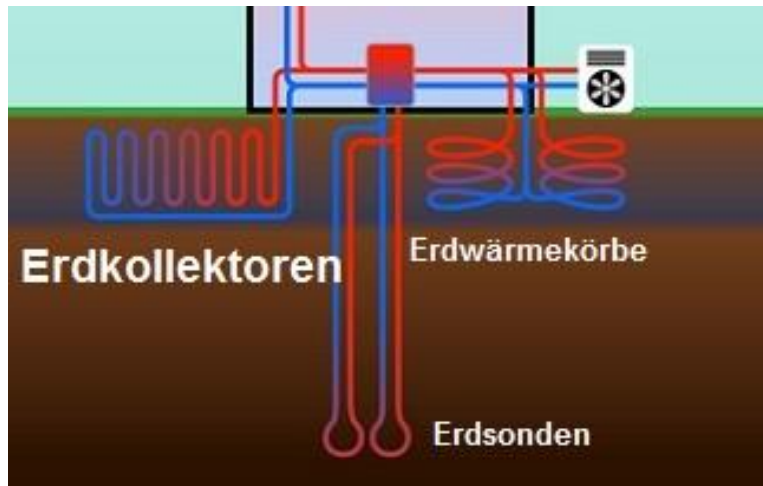
- Wärme wird vom Erdinneren (heiß) nach außen (kalt) transportiert (Konvektion, Konduktion, Strahlung)
- Mittlerer Wärmefluss an der Erdoberfläche: $65\text{mW/m}^2 - 100\text{mW/m}^2$



Nutzungsmöglichkeiten

Oberflächennahe Geothermie:

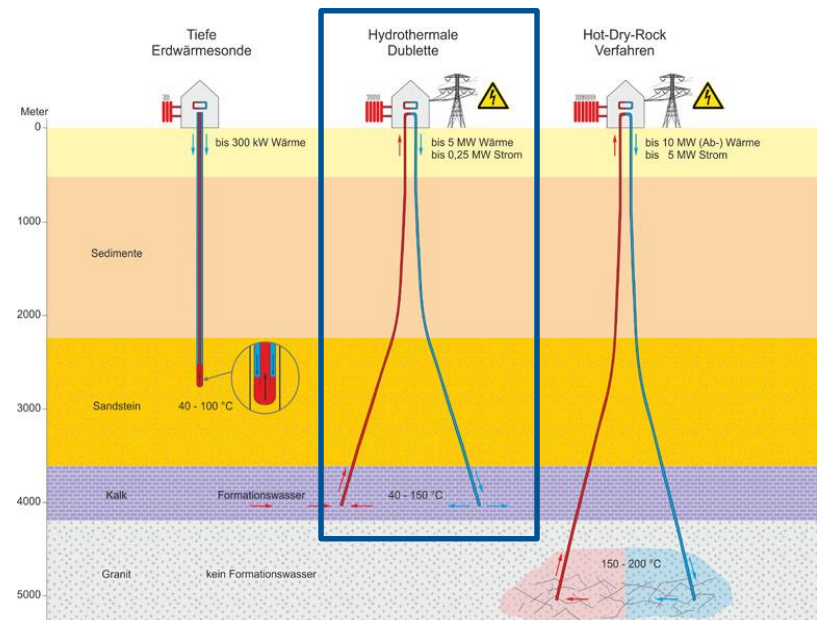
- Bis maximal 400m Tiefe
- Über 300.000 Anlagen deutschlandweit
- Heizung und Kühlung über Wärmepumpen



Quelle: Fotolia.com

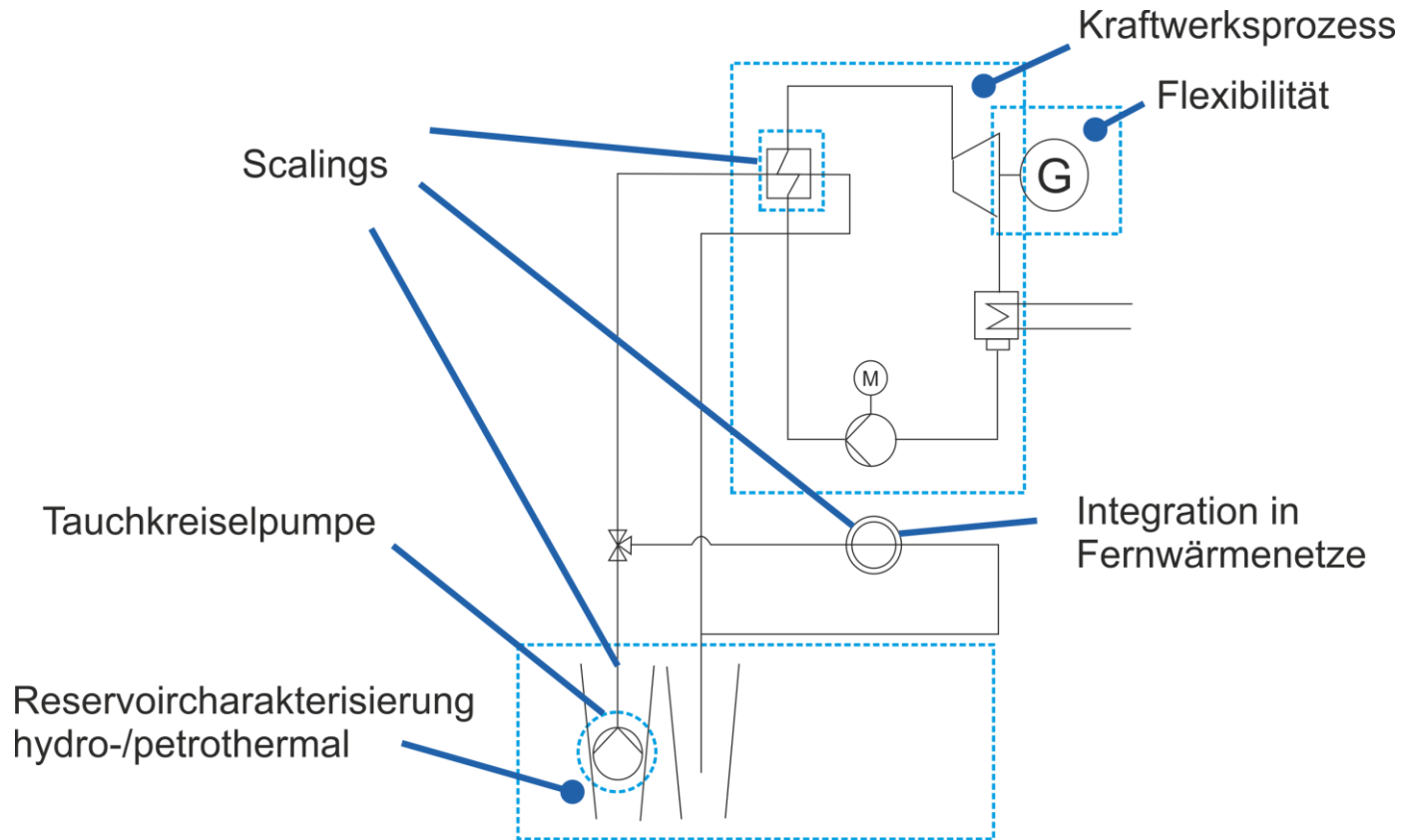
Tiefengeothermie:

- >400m Tiefe
- 33 Anlagen deutschlandweit (21 in BY)
- Wärme- und Stromproduktion



Quelle: KBB Underground Technologies

Forschungsfelder Tiefengeothermie ...



Lehrstuhl für Mikrobiologie*:

- Mikrobiologie der Thermalwässer
- Mikrofilme im Reservoir
- Wechselwirkung mit Inhibitoren

Institut für Wasserchemie:

- Wechselwirkung von Wasser und Wasserinhaltsstoffen im Untergrund
- Kolloide und Nanopartikel in aquatischen Systemen und Entwicklung von Messtechnik
- Gasführung und Partikelbildung im Malmgrundwasser

Kraftwerksprozess

Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft*:

- Bohrlochpumpen

Lehrstuhl für Bauchemie*:

- Innovative Bohrtechniken (ThermoDrill)

Lehrstuhl für Hydrogeologie:

- Ökosystem Grundwasser, Möglichkeiten und Auswirkungen der geothermischen Nutzung
- Wärmetransport im Untergrund
- Forschungsschwerpunkte: Fündigkeitsprognose, Reservoircharakterisierung und -engineering, thermische Wechselwirkungen von Untergrundbauwerken mit dem Grundwasser

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie:

- Bohrtechnik (Tunnelbau)
- Strukturgeologie
- Explorationsgeologie
- Geo- und Gesteinsmechanik

Lehrstuhl für Energiesysteme:

- Kraftwerkstechnik
- Thermische Umwandlung fester Brennstoffe
- ORC-Prozesse

Forschungsgruppe "Control of Renewable Energy Systems":

- Elektrische Antriebstechnik
- Leistungselektronik und Mechatronik
- Regelungs- und Systemtheorie

Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme:

- Entwicklung von Energiesystemmodellen
- Entwicklung neuer Methoden der Modellierung unter Berücksichtigung gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Aspekte

Die Geothermie-Allianz Bayern



Technische Universität München:

Expertise im Bereich Geothermie ist an über einem Dutzend Lehrstühlen zu finden
An der GAB beteiligt: LES, HYD, ING, IWC, CRES, ENS



MSE übernimmt die Projektkoordination, Vernetzung der Partner,
Wissenstransfer, ...

Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg:



Der EnergieCampus Nürnberg vernetzt die Fakultäten im Bereich „Energie, Umwelt und Klima“

Breite, interdisziplinäre Expertise im Bereich Tiefengeothermie von Exploration und Reservoiranalyse bis hin zu Energiewirtschaft und Umweltrecht.

Universität Bayreuth:

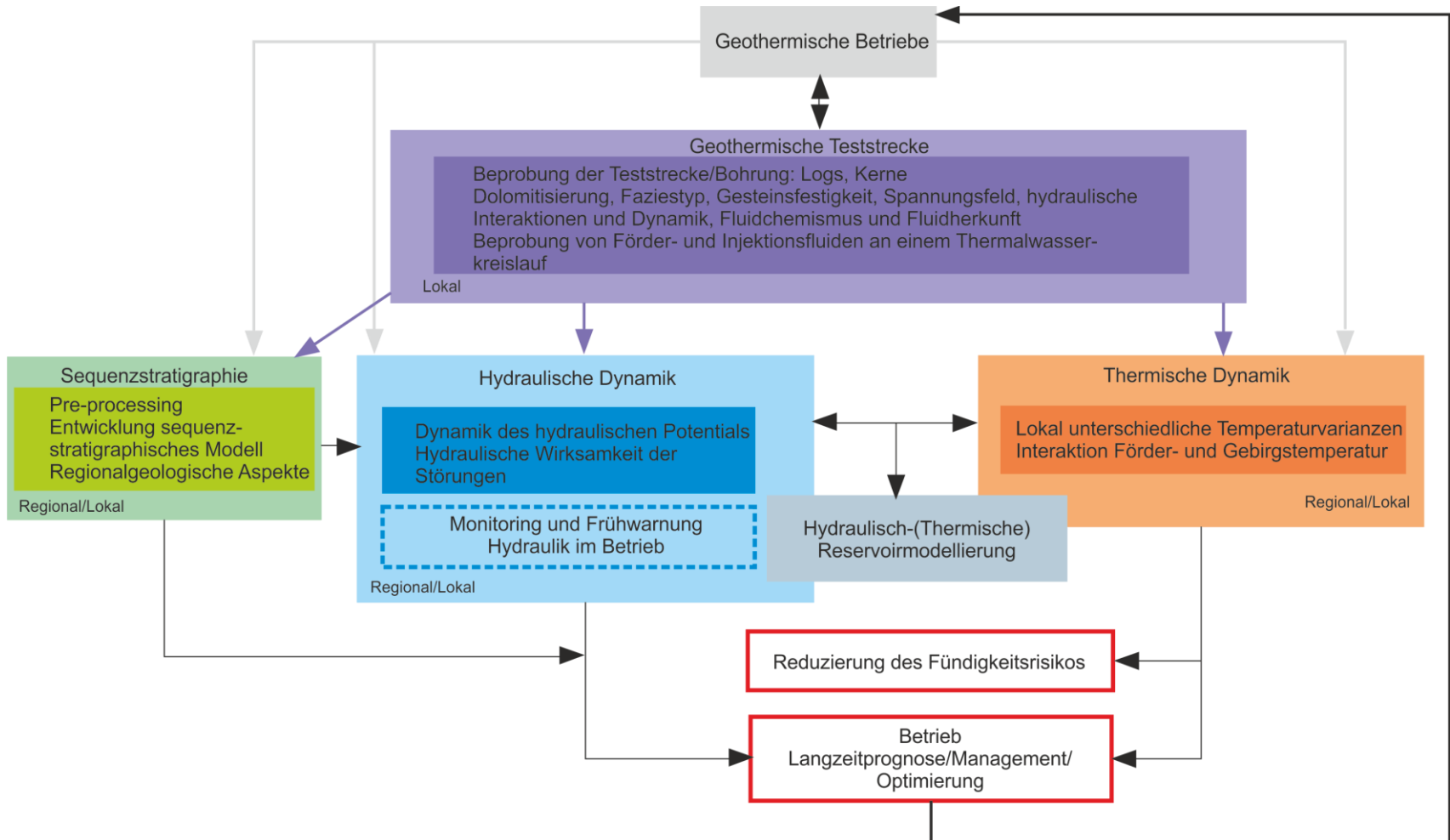


Mit dem Zentrum für Energietechnik (ZET) werden die Bereiche Erzeugung, Übertragung, Speicherung und Nutzung von Energie vernetzt.

Projekte

1. Reservoircharakterisierung (HYD, IWC, GEO, FAU)
2. Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf (IWC, CRES)
3. Monitoring (LES)
4. Effiziente und Flexible Kraftwerke (LES, ENS, UBT)
5. PetroTherm (FAU, ING)
6. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie (FAU, TUM)

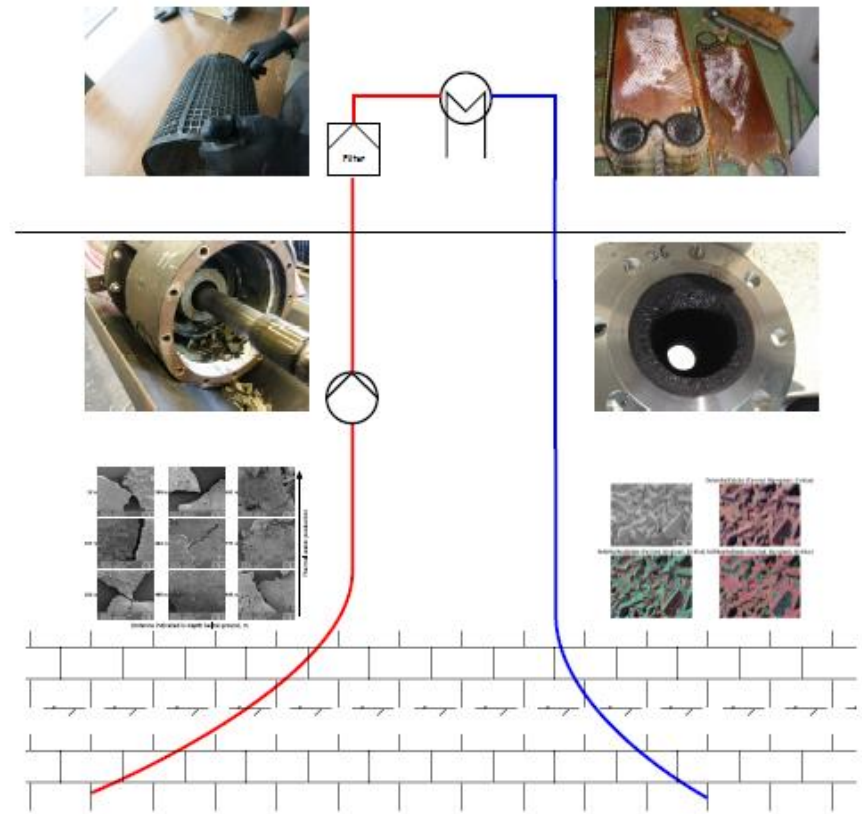
Reservoircharakterisierung



Betriebssicherheit: Scaling

- Screening und Monitoring der Scalings
- Laborversuche zu Entstehung und Vermeidung
- Modellierung und Optimierung der Prozesse

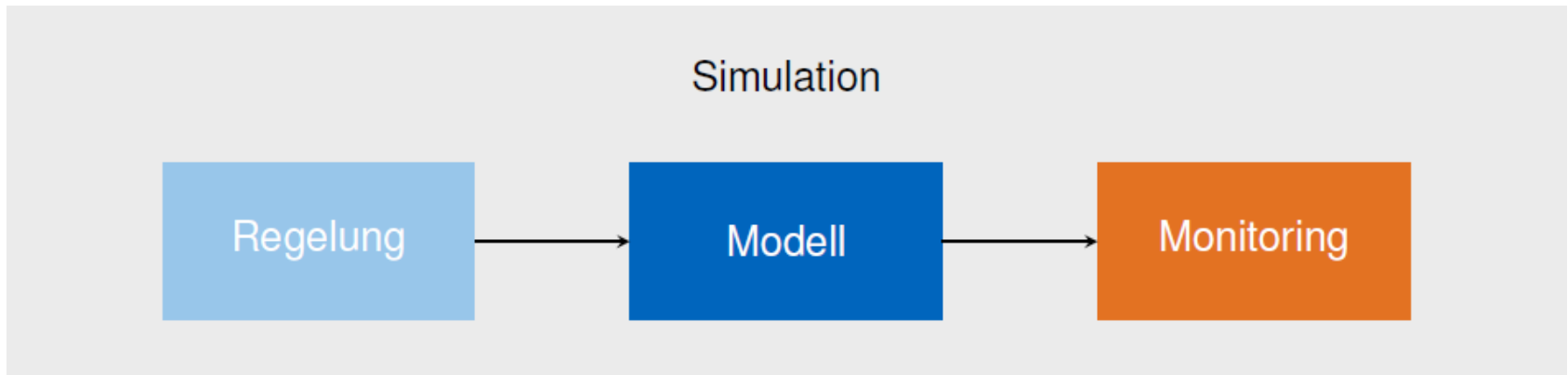
- ➔ Hydrogeochemisches Modell zu Erklärung und Prognose
- ➔ Bildungskinetik verstehen



Fotos: Köhl, Herbrich, Seitz-Gutmann


Betriebssicherheit: Pumpe

- Dynamisches Modell → Mathematische Nachbildung der Physik
- Intelligente Regelung → Steigerung von Effizienz und Robustheit
- Zustandsüberwachung → Prävention von ungeplanten Systemausfällen
- Simulationsumgebung → Analyse des Betriebsverhaltens und (offline) Testen der Verfahren



Effiziente und Flexible Kraftwerke

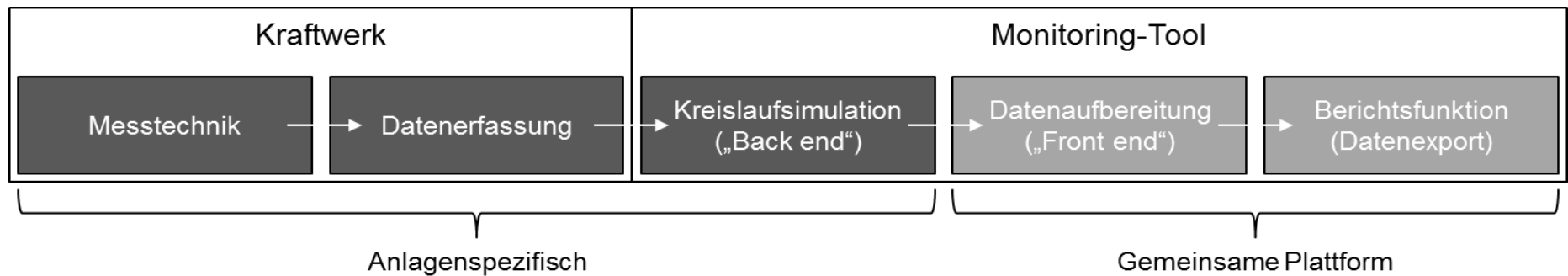
- Reduktion des Eigenbedarfs
- Kreislaufoptimierung (ORC, Misselhorn, OFC, Kalina)
- Anwendbarkeit verschiedener Arbeitsmedien und Gemische
- Flexible Kraft-Wärme-Kopplung
- Zukünftiges Potential effizienter und flexibler geothermischer Kraftwerke



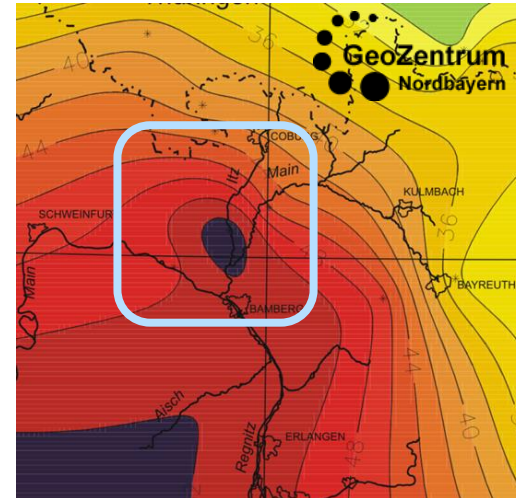
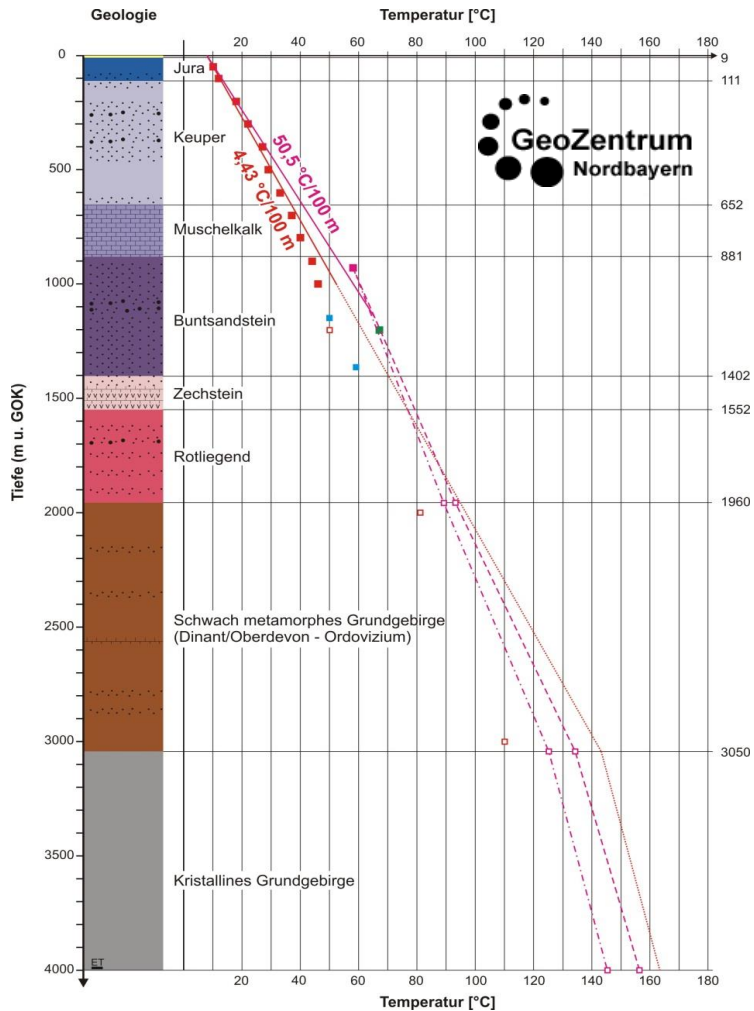
Praktische
Erprobung in
neuem ORC-
Prüfstand

Monitoring

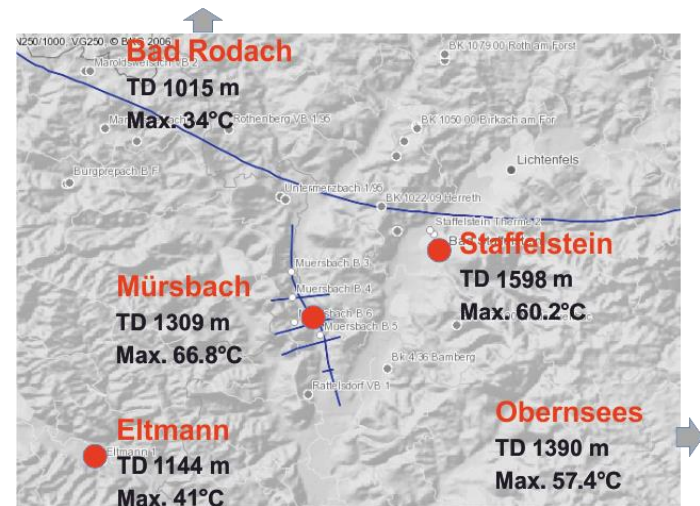
- Entwicklung von Kennzahlen zur Betriebsbewertung
- Kreislaufsimulationen von Referenzkraftwerken
- Entwicklung und Implementierung des Monitoring-Tools in eigenständiger Software
- Begleitung der Inbetriebnahme



PetroTherm



Temperaturverteilung in 1000 muGOK (Bauer, 2000)



Quelle: www.geotis.de, Agemar et al. (2014)

Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

1. Fachsemester	ECTS	2. Fachsemester	ECTS
Methoden der Beckenanalyse Bohrungen & Bohrlochgeophysik	5	Sedimentpetrographie & Diagenese Petrophysik von Reservoiren Labormethoden	5
Störungssysteme Strukturgeologie & Mikrotektonik	5	Seismische Interpretation I (2D) Geophysikalisches Praktikum	5
Geo-Energieressourcen Geothermie: Erschließung & Nutzung	5	Reservoir-Geomechanik Spannungsfeldanalyse/Seism. Monitoring	5
Tiefbohrtechnik Prozessmaschinen und Apparatechnik	5	Energiewirtschaft & Umweltrecht Energietechnik	5
BWL für Ingenieure I Projektmanagement I	5	BWL für Ingenieure II Projektmanagement II	5
Nebenfach: Bauleistungen Nebenfach: Bergrecht	5	Schlüsselqualifikation Industriepraktikum od. Projektarbeit	5
3. Fachsemester	ECTS	4. Fachsemester	ECTS
Seismische Interpretation II (3D) Seismo- und Sequenzstratigraphie	5	Masterarbeit	25
Reservoirgeologie Reservoirmodellierung (Struktur/Diagenese)	5	Masterkolloquium	5
Mineralogie der Gesteins-Fluid-Interaktion Korrosion und Scalings	5	schwarz =Geo-Lehrveranstaltung blau = Ing-Lehrveranstaltung Grün = BWL, Recht etc weißer Hintergrund = Lehre FAU blauer Hintergrund = Lehre Münchner Geozentrum	
Strömungs- & Wärmetransportmodellierung Geohydraulik	5		
Nutzungsmöglichkeiten geotherm. Energie Numerische Simulation energet. Systeme	5		
Schlüsselqualifikation Bürgerbeteiligung I + II	5		

Ziele des Studiengangs

- Bündelung der an dem Münchner GeoZentrum und der FAU Erlangen-Nürnberg vorhandenen Lehr- und Forschungsexpertise in Geowissenschaften, Energietechnik, Energiewirtschaft & Recht
- Ergänzung des bisher in der Lehre vermittelten Methodenspektrums
- Exzellente interdisziplinäre Lehre
- Vernetzung und Ausbau eigener bayerischer Kompetenz in allen Fragen der Energiegewinnung aus dem Untergrund
- Internationale Zusammenarbeit mit Partnerländern (EU, DAAD)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

