

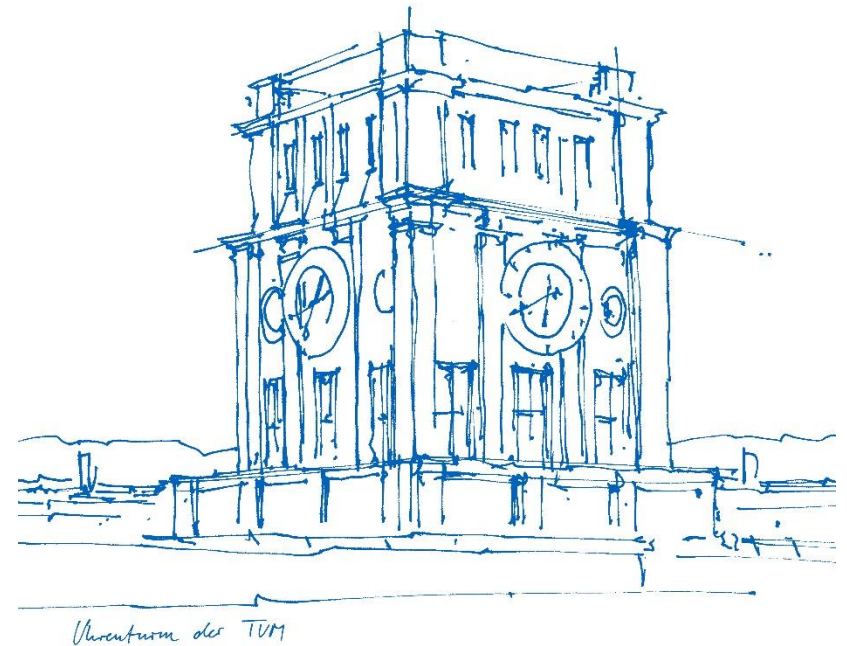
Geothermie-Allianz Bayern

Verbundforschung zur Stärkung der Geothermie in Bayern

Projektaufaktveranstaltung

Garching, 30.09.2016

Dr. Katharina Aubele



Agenda

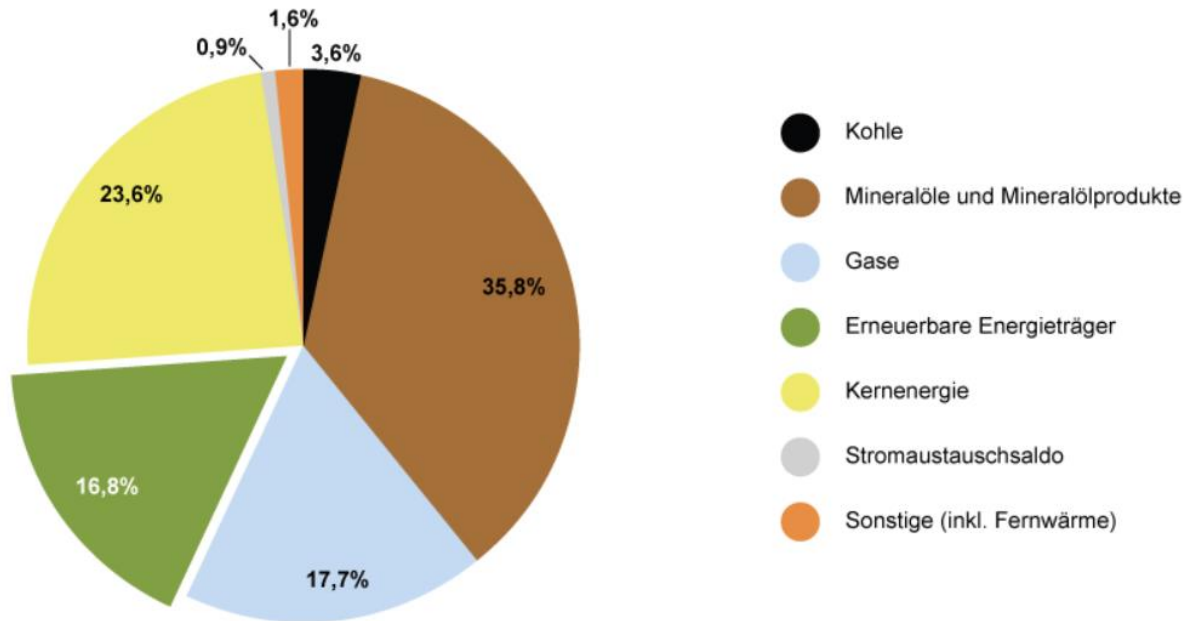
1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - Monitoring
 - PetroTherm
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

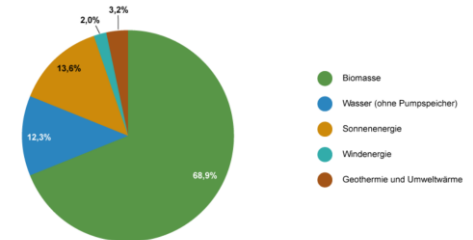
Agenda

1. Zahlen und Fakten
2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - Monitoring
 - PetroTherm
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Primärenergieverbrauch Bayern (2014)*



*Prognose



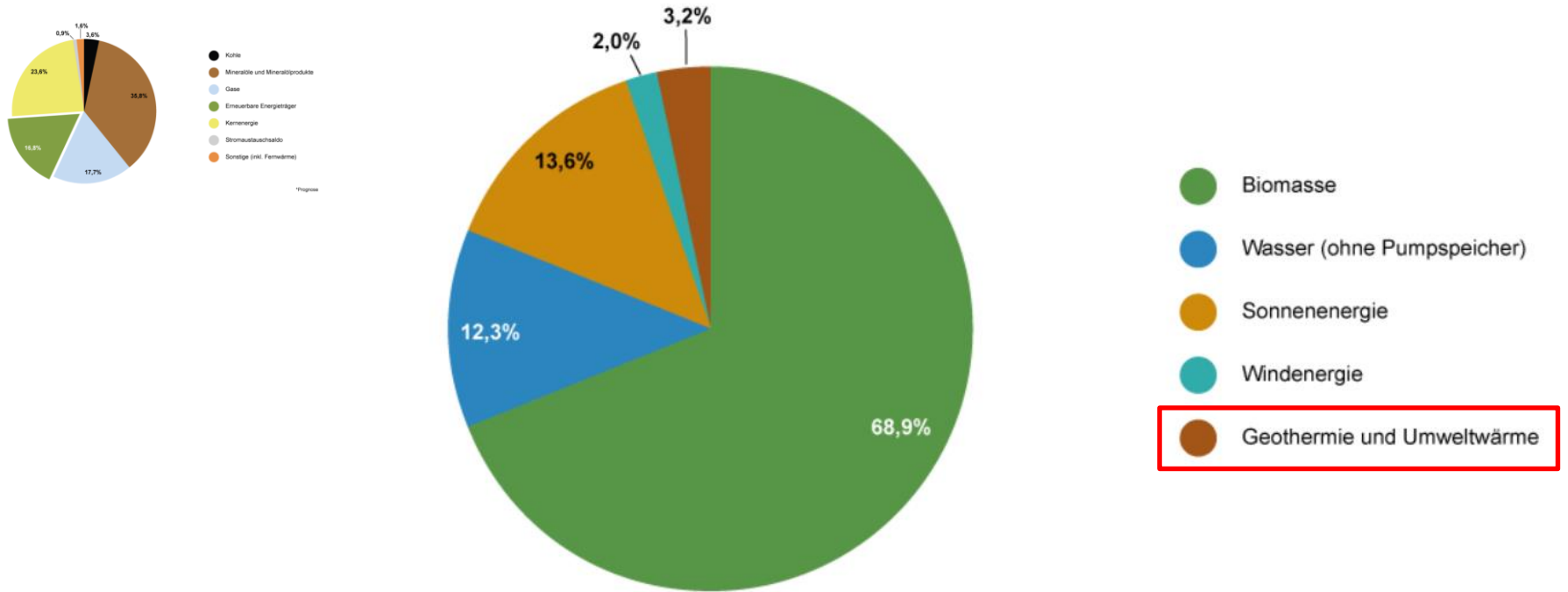
* Prognose

Leipziger Institut für Energie GmbH (2015)

Berechnungen: LfU

Veröffentlicht im Energieatlas Bayern (www.energieatlas.bayern.de)

Primärenergieverbrauch Bayern: Erneuerbare (2014)*



* Prognose

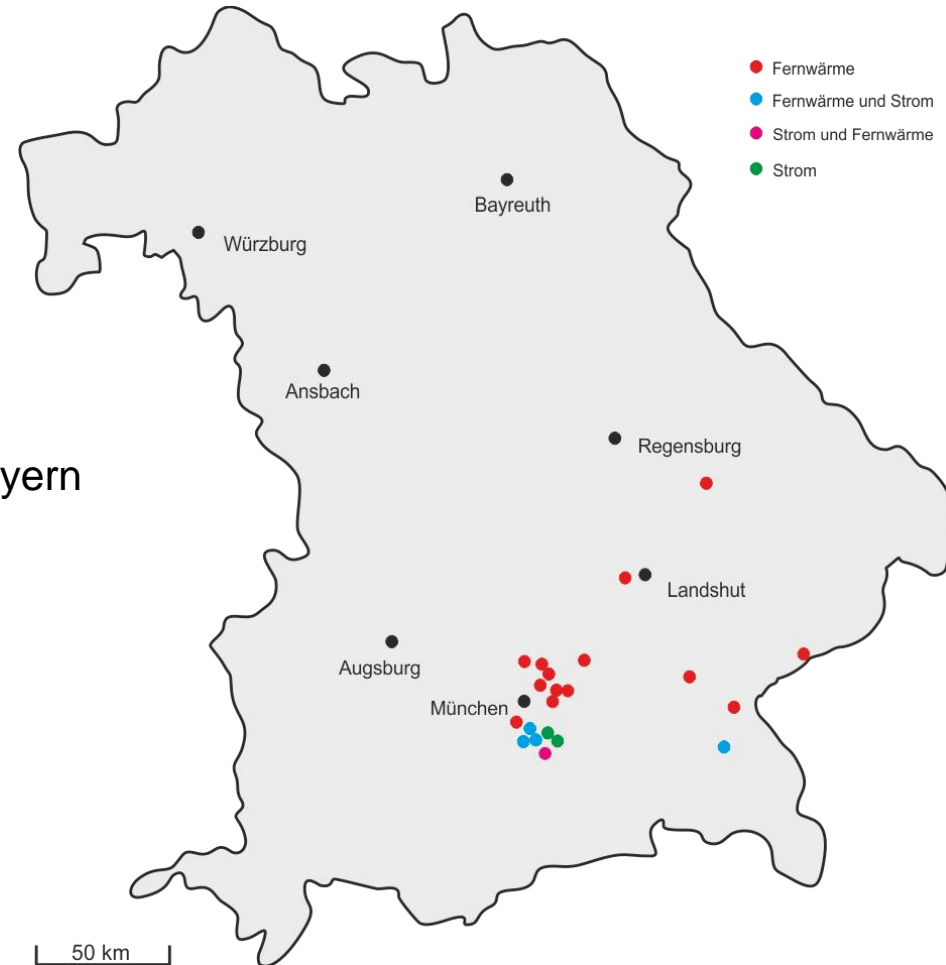
Leipziger Institut für Energie GmbH (2015)

Berechnungen: LfU

Veröffentlicht im Energieatlas Bayern (www.energieatlas.bayern.de)

Tiefengeothermie in Bayern – Standorte (Stand 2016)^{1,2}

- Summe aktiver Anlagen: 21
- Installierte Leistung:
 - Thermisch: ~ 270 MW (310 MW)
→ 0,3% der Wärmeenergieerzeugung in Bayern
(Stand 2014)³
 - Elektrisch: ~ 32 MW (38 MW)
→ 0,08% der Bruttostromerzeugung
in Bayern (Stand 2014)³



¹⁾ Bundesverband Geothermie

²⁾ Agemar et al. (2014)

³⁾ Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2016): Bay. Energieprogramm

Agenda

1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - Monitoring
 - PetroTherm
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Rahmenbedingungen

„Die Forschungsaktivitäten in Bayern für Tiefengeothermie sollen gebündelt und ausgebaut werden. Es sollen ganzheitlich alle Forschungsfragen von der Erschließung bis zur energetischen Nutzung und Speicherung aufgegriffen werden, wofür gegebenenfalls ein eigenes Institut gegründet werden soll, das zugleich als Kompetenzzentrum für Geothermie fungiert.“

(Bayerisches Energiekonzept „Energie innovativ“ S. 27)

„Die Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollen in dieser bayerischen Geothermie-Allianz fest eingebunden sein.“

(Pressemitteilung der bayerischen Staatsregierung vom 26.11.2012)

Bereits 2012 wurde Handlungsbedarf bei der Tiefengeothermie von der Bayerischen Staatsregierung identifiziert.

Agenda

1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - Monitoring
 - PetroTherm
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie



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:



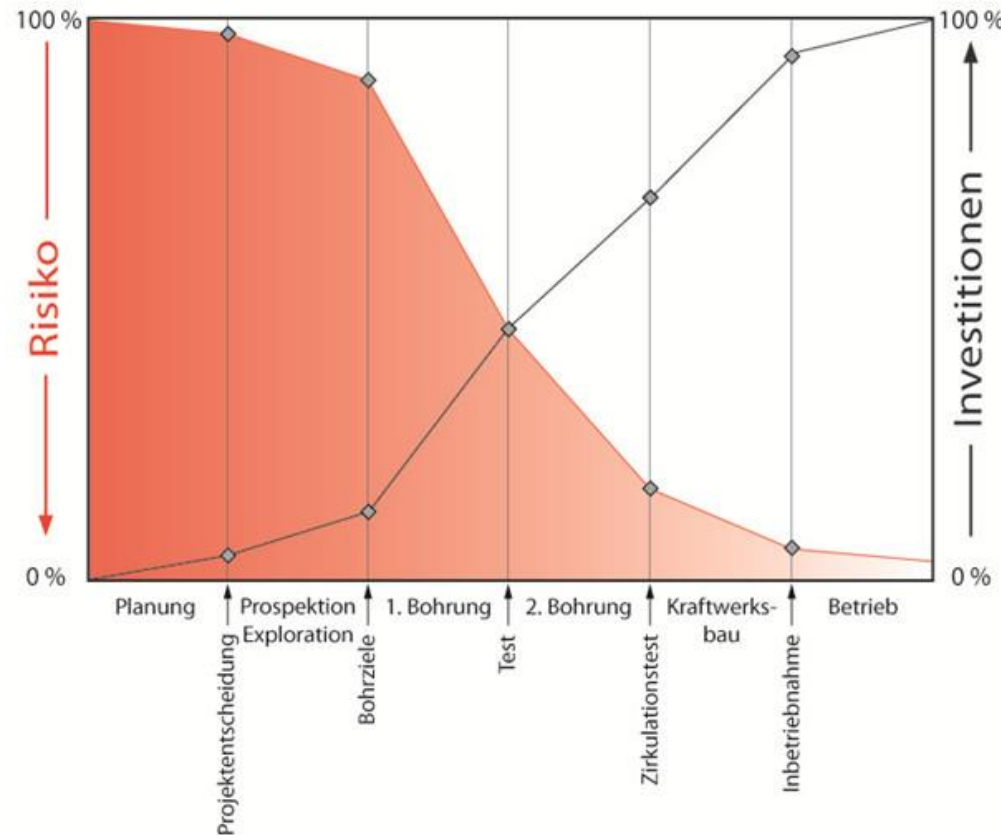
Mit dem Zentrum für Energietechnik (ZET) werden die Bereiche Erzeugung, Übertragung, Speicherung und Nutzung von Energie vernetzt.

Agenda

1. Zahlen und Fakten
2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - Monitoring
 - PetroTherm
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Motivation + Zielsetzung

- Hohe Investitionen für die Planung, Exploration und Durchführung von Geothermie-Projekten, insbesondere durch die Niederbringung der Bohrung.
- Wirtschaftlicher Erfolg hängt unmittelbar mit Risiken bei der geologischen Erschließung und deren Fündigkeit zusammen.



- ➔ Genaueres Verständnis des Reservoirverhaltens (Temperatur, Volumenfluss)
- ➔ Reduzierung des Fündigkeitsrisikos
- ➔ Verbesserung der langfristigen Prognose für geothermische Anlagen

Arbeitsprogramm

Analysen anhand bestehender Datenbasis



Laborversuche zu Gesteinsparametern
(physikochemische und hydraulische Parameter)



Parametererhebungen an Bohrungen
(Fluidchemismus, Bohrlochgeophysik)



Sequenzstratigraphie

Hydraulische Dynamik
(Störungssystem, Langzeitverhalten)

Thermische Dynamik und
Temperaturprognosen

Numerische Modelle

Agenda

1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern

- a. Entwicklung
- b. Partner der GAB
- c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - **Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf: Scalings**
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - Monitoring
 - PetroTherm
- d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Motivation + Zielsetzung

- Ablagerungen sind sehr häufig
- Treten in allen Anlagenteilen auf
- Bedrohen die technische Sicherheit und die wirtschaftliche Existenz



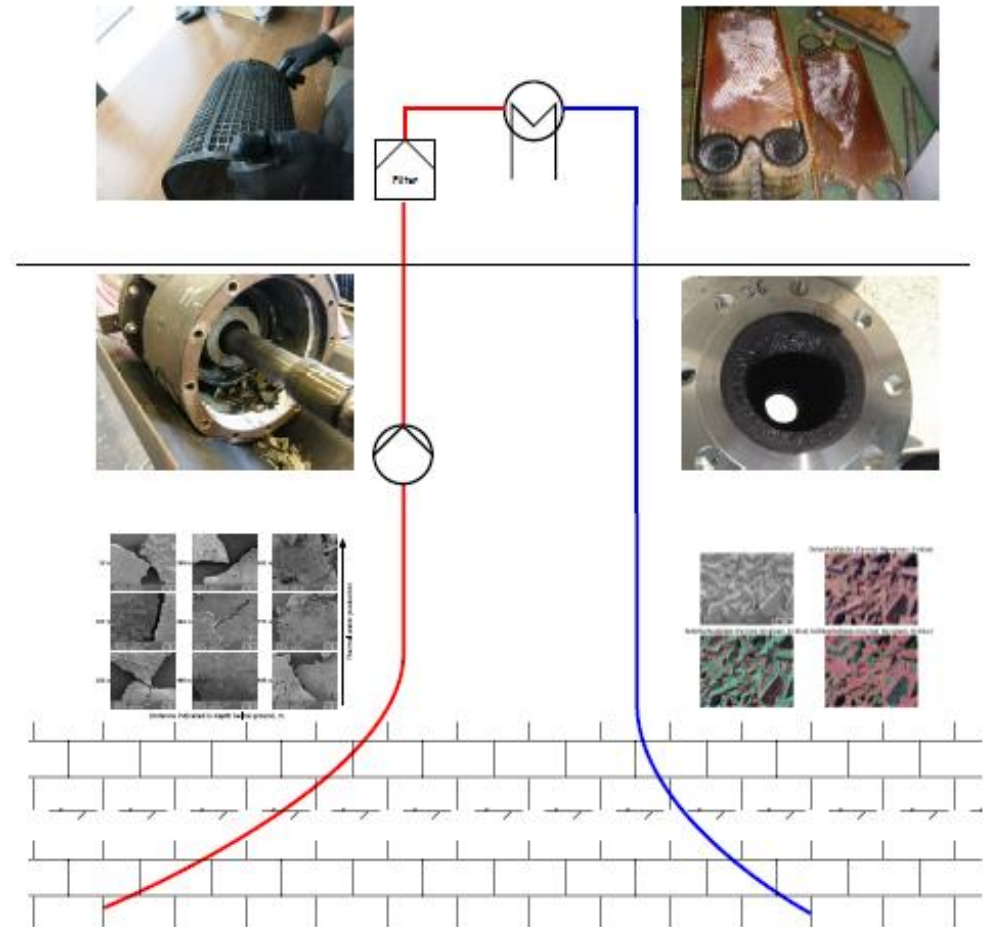
Fotos: Baumann, Herbrich, Seitz-Gutmann

➔ Prozessverständnis als Basis für technische Gegenmaßnahmen

Arbeitsprogramm

- 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

Agenda

1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern

a. Entwicklung

b. Partner der GAB

c. Forschungsprojekte

- Reservoircharakterisierung
- **Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf: Tauchkreiselpumpe**
- Effiziente und flexible Kraftwerke
- Monitoring
- PetroTherm

d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Motivation + Zielsetzung

- TKP ist kritische Komponente
- Marktübliche Geräte nicht für dauerhaften Einsatz im hydrothermalen Umfeld entwickelt
- Temperaturen, Volumenströme, Scalingbildung verursachen großen Verschleiß
- Standzeiten sind von höchster Relevanz für Wirtschaftlichkeit der Anlagen



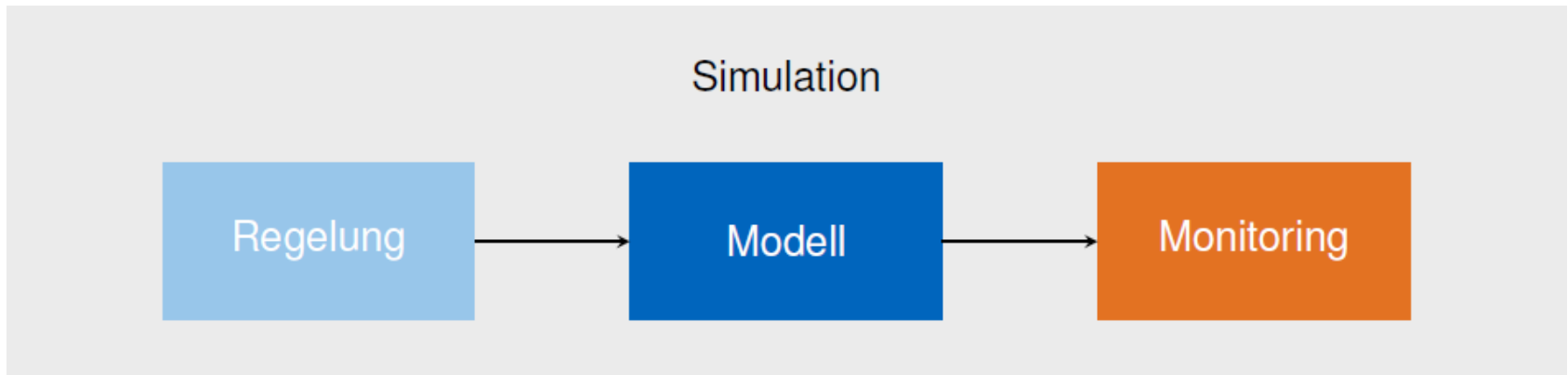
Tauchkreiselpumpe (Quelle: www.mercur.de)



Verbesserung von Lebensdauer und Effizienz der TKP

Arbeitsprogramm

- 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



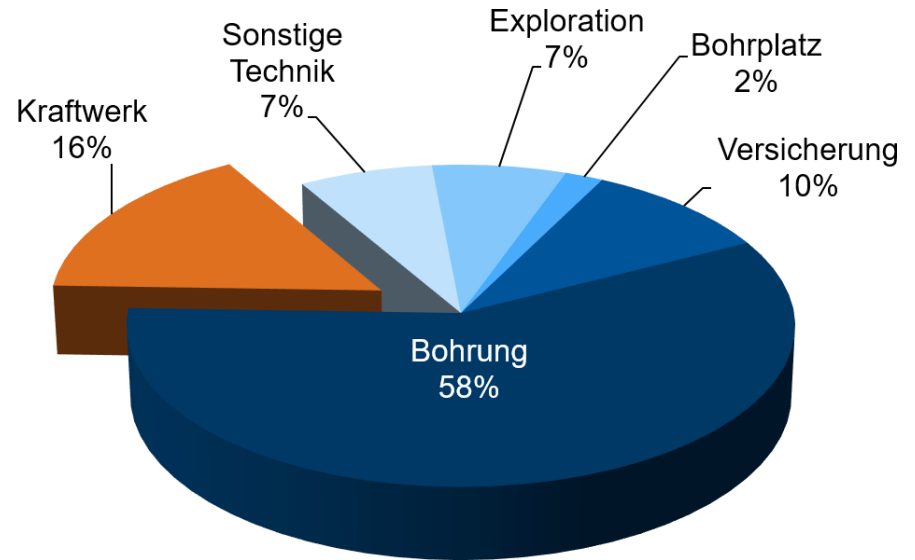
Agenda

1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - **Effiziente und flexible Kraftwerke**
 - Monitoring
 - PetroTherm
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Motivation + Zielsetzung

- Kraftwerk hat kleinen Anteil an gesamten Investitionskosten
- Aber: Kraftwerk verantwortlich für Einnahmen




Kostenstruktur eines typischen Geothermie-Projekts

- ➔ Effizienzsteigerung im Kraftwerk kann Wirtschaftlichkeit des Projektes deutlich verbessern
- ➔ Identifikation und praktische Erprobung von **effizienten** Anlagenverschaltungen

Forschungsschwerpunkte

- 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

Agenda

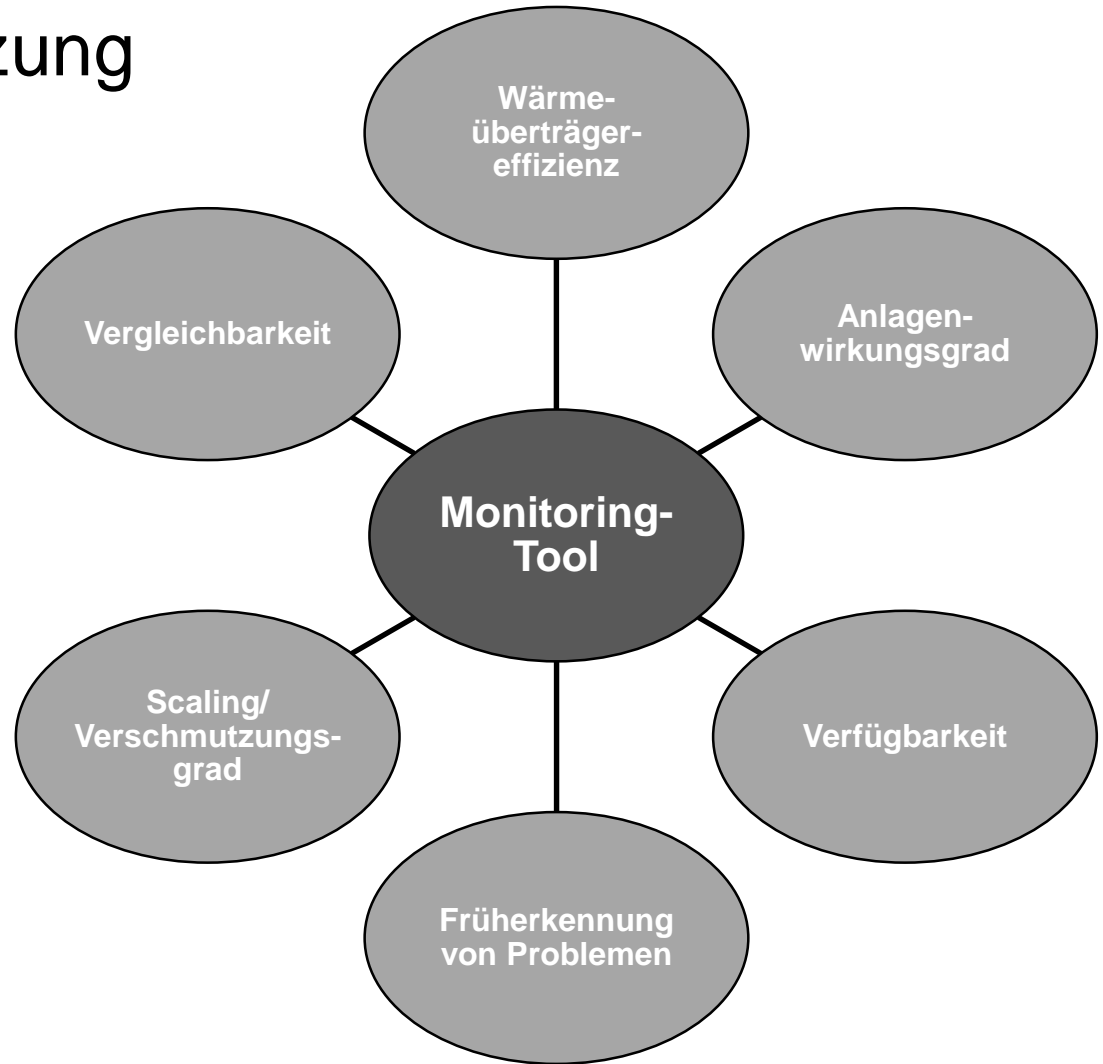
1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - **Monitoring**
 - PetroTherm
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Motivation + Zielsetzung

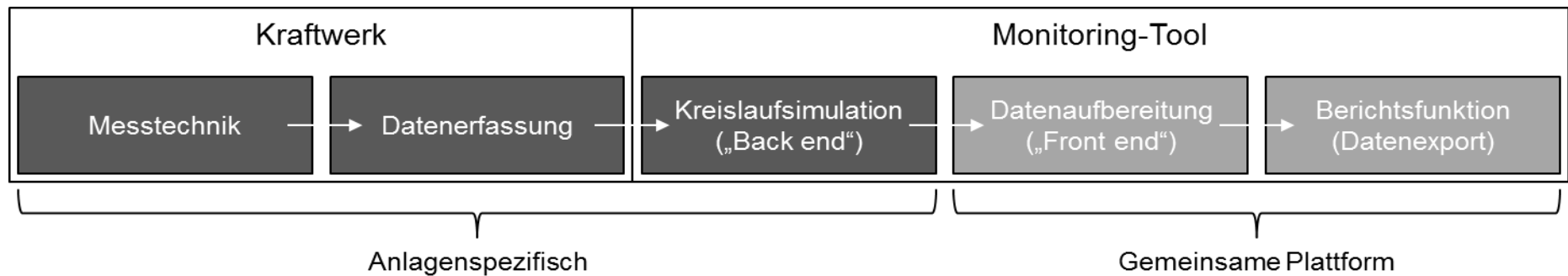


Betriebsoptimierung
von
Bestandsanlagen



Arbeitsprogramm

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

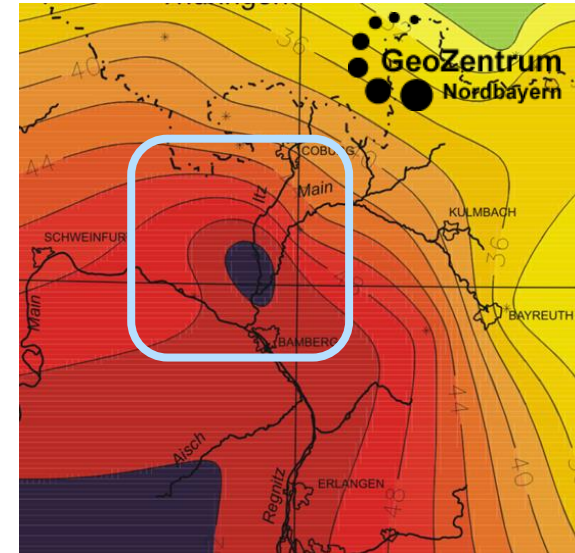
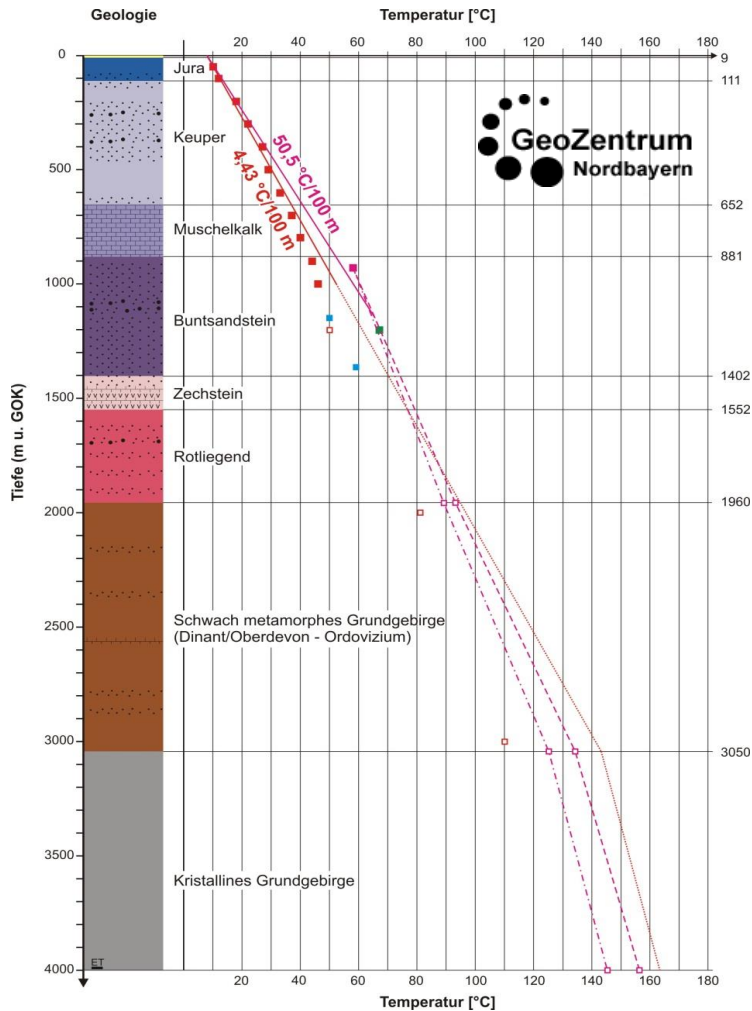


Agenda

1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - Monitoring
 - **PetroTherm**
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Motivation

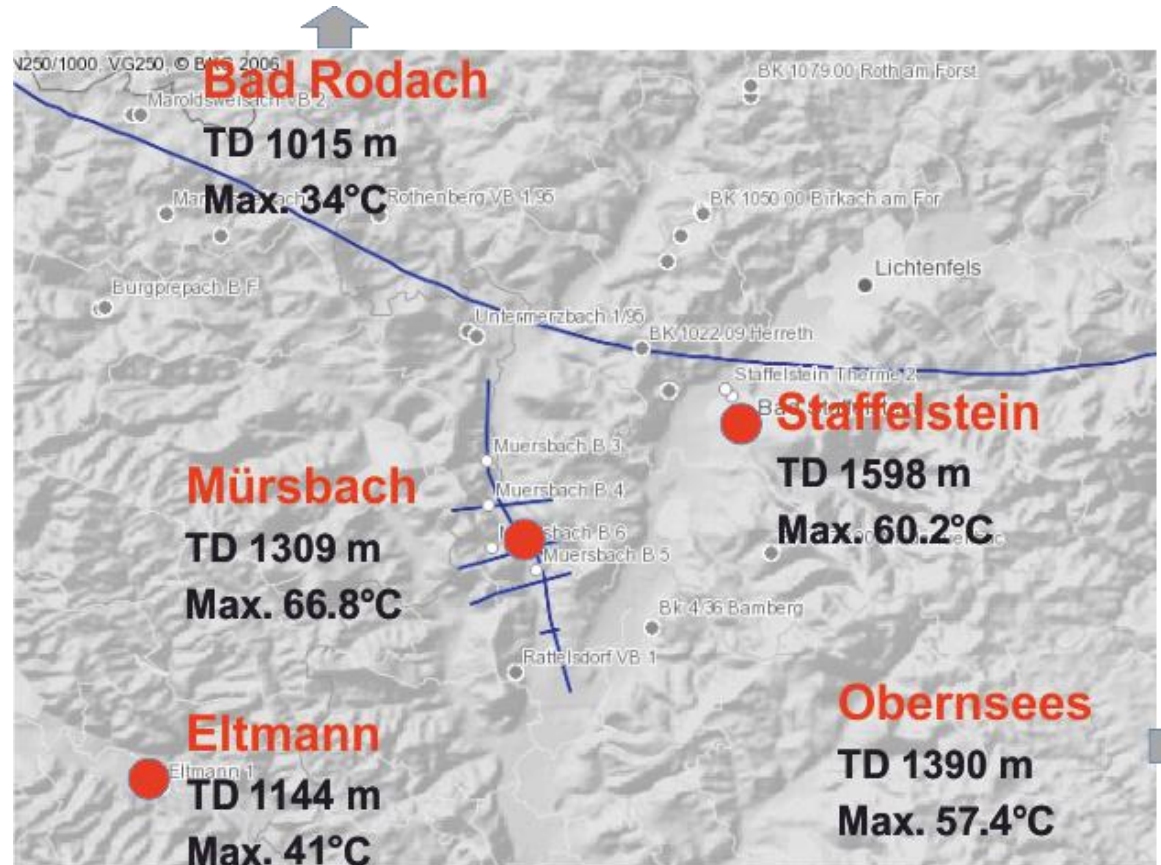


Temperaturverteilung in 1000 muGOK (Bauer, 2000)

- Der geothermische Gradient liegt mit ca. $4,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ deutlich über dem Durchschnitt von $3,3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.
- Die Wärmestromdichte beträgt ca. 100 – 120 mW/m^2 .
- Erwartete Temperatur in 5.000 m Tiefe: 160 – 175 $^{\circ}\text{C}$ (berechnet anhand Wärmestromdichte).

Arbeitsprogramm

- Erkundung des Untergrunds mit 2D-Seismik
- Numerische Simulation des Bruchverhaltens (Slip tendency analysis)
- Machbarkeitsstudie zur Bohrungsvertiefung in Mürsbach



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

➡ Verbessertes Untergrundmodell in NO Bayern

Agenda

1. Zahlen und Fakten

2. Die Geothermie-Allianz Bayern
 - a. Entwicklung
 - b. Partner der GAB
 - c. Forschungsprojekte
 - Reservoircharakterisierung
 - Betriebssicherheit im Thermalwasserkreislauf
 - Effiziente und flexible Kraftwerke
 - Monitoring
 - PetroTherm
 - d. Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie

Inhalte

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

- 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
 - Seismische Interpretation & Untergrund-Modellierung
 - Reservoirgeologie & Geohydraulik
- 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!

Literatur

Agemar, T., Weber, J. & Schulz, R. (2014)

Deep Geothermal Energy Production in Germany – Energies 2014 Band 7 Heft 7, 4397–4416

Bauer, W. (2000)

Geothermische Verhältnisse des Fränkischen Beckens. - Hydrogeologie und Umwelt, Heft 22, 186 S., Würzburg.

Bayerisches Energiekonzept “Energie innovativ” (2011)

https://www.km.bayern.de/download/8714_bayerisches_energiekonzept.pdf

Hrsg. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (Abgerufen 21.09.2016)

Bayerisches Energieprogramm (2016)

https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwivt/Publikationen/2015/2015-21-10-Bayerisches_Energieprogramm.pdf

Hrsg. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (Abgerufen 21.09.2016)

Bundesverband Geothermie

<http://www.geothermie.de> (Abgerufen 21.09.2016)

Energieatlas Bayern

https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/daten.html (Abgerufen 21.09.2016)