

# Geothermisches Nutzungspotential im Buntsandstein und Keuper in NO Bayern

Cindy Kunkel<sup>1</sup>, Thorsten Agemar<sup>1</sup> und Ingrid Stober<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

<sup>2</sup>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Der Geothermie Kongress 2018

28. November 2018

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Wärmewende

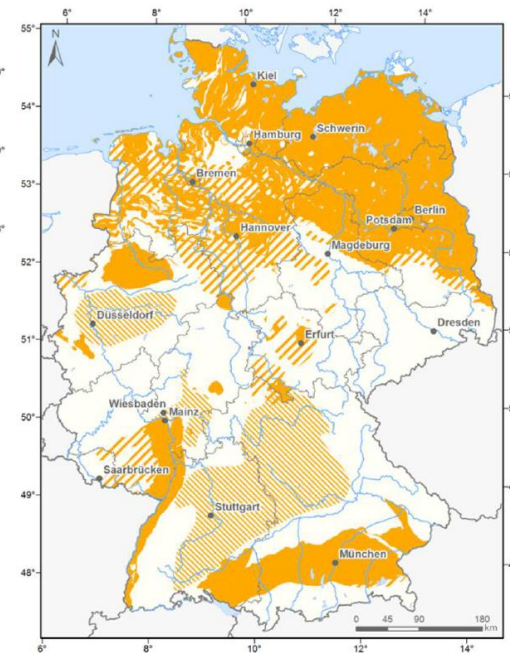
- 60% erneuerbare Energien bis 2050
- Niedrig- bis Mittelenthalpie
- Meist Nutzung für Balneologie, Fern- und Raumwärme
- Tiefe Aquifere können auch zur Energiespeicherung genutzt werden
- Temperaturen deutlich  $<100^{\circ}\text{C}$
- Nordbayern:  
Buntsandstein und Keuper in Teufen zwischen 100 m und 1400 m

⇒ unterhalb Trinkwassernutzung, gleichzeitig aber auch nicht zu tief.



Hydrothermisches Potenzial ab  $20^{\circ}\text{C}$

■ nachgewiesen  
▨ vermutet



Hydrothermisches Potenzial ab  $40^{\circ}\text{C}$

■ nachgewiesen  
▨ vermutet  
▨ untersuchungswürdig

Karten aus Agemar et al., 2018

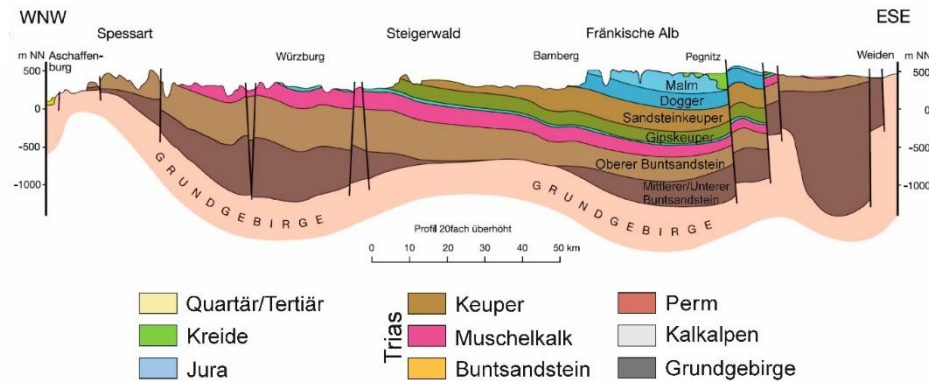
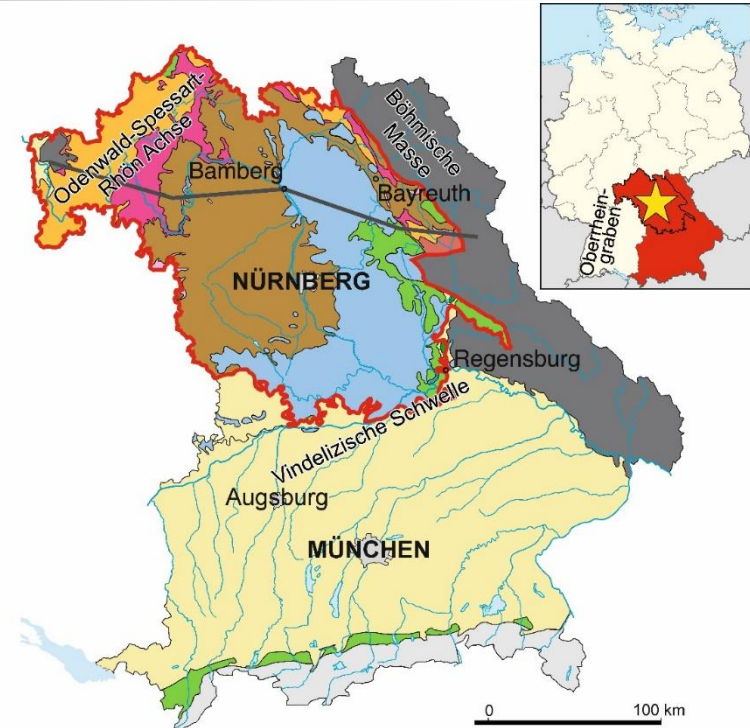
4 hydrogeologische Großräume:

- Alpen
- Alpenvorland
- Grundgebirge im Osten
- Fränkische Schichtstufenland

Fränkisches Becken:

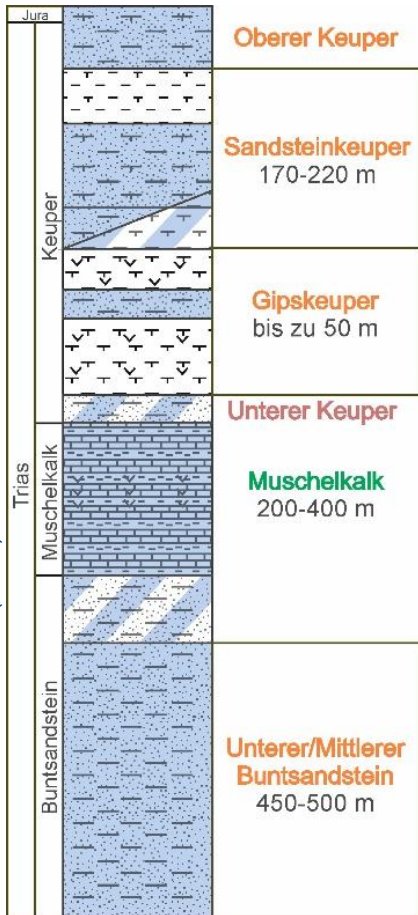
- Randbereich des Germanischen Triasbeckens
- Südlich Odenwald-Spessart-Rhön
- Zwischen Böhmischer Masse und Oberrheingraben
- Nördlich Vindelizischer Schwelle

Sedimente von Oberkarbon bis Jungtertiär

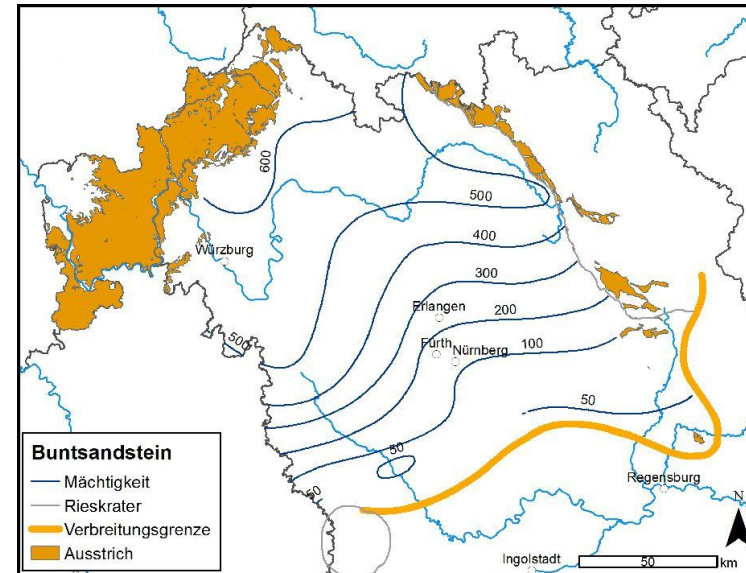


# Buntsandstein

- sechs fining upwards Zyklen
- Unterer und Oberer Buntsandstein im Becken ungeeignet
- Am Beckenrand bilden Unterer und Mittlerer Buntsandstein einen zusammenhängenden Aquifer
- Mittlerer Buntsandstein fluviatile Ablagerungen, bis Grobsand und Kies  
⇒ Hauptaquifer
- In Franken sowohl Kluft- als auch Porengrundwasserleiter



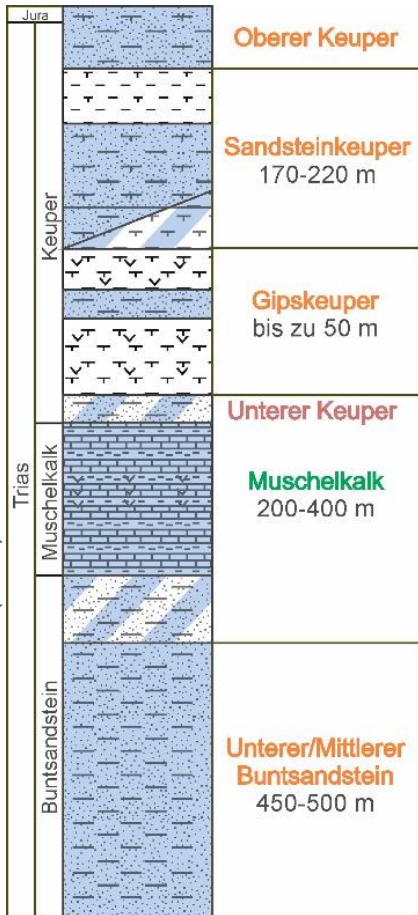
Verändert nach Kus et al. (2007)



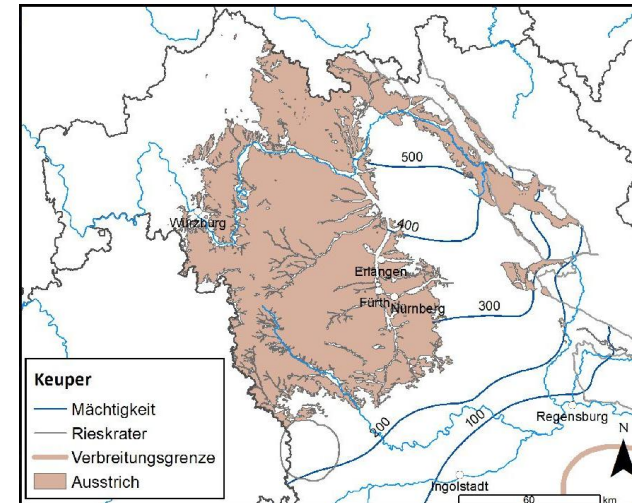
Fritzer et al., 2013

# Keuper

- marine, brackische und fluviatile Ablagerungsräume  
⇒ starke laterale und vertikale Fazieswechsel
- Unterer Keuper: tonig-sandig mit Dolomit- und Kalkeinschaltungen
- Mittlerer Keuper: Sandsteine getrennt durch tonige Schichten und z.T. Gips; Trennung nimmt zum Beckenrand ab  
⇒ Hauptaquifer
- Oberer Keuper: Wechselfolge von Sand- und Tonsteinen



Kombinierter Kluft-Poren-Grundwasserleiter



Fritzer et al., 2013, Haunschild, 2000

Am einfachsten  
berechenbar über:

$$k_f = \frac{T}{m}$$

## Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$

Beschreibt die Durchlässigkeit eines porösen Mediums gegenüber einem Fluid.

Für eine geothermische Nutzung  $> 10^{-6}$  m/s

$$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(2 \cdot H - s) \cdot s} \quad (\text{m/s}) \quad (\text{nach Grimm \& Hofbauer, 1967})$$

## Transmissivität T

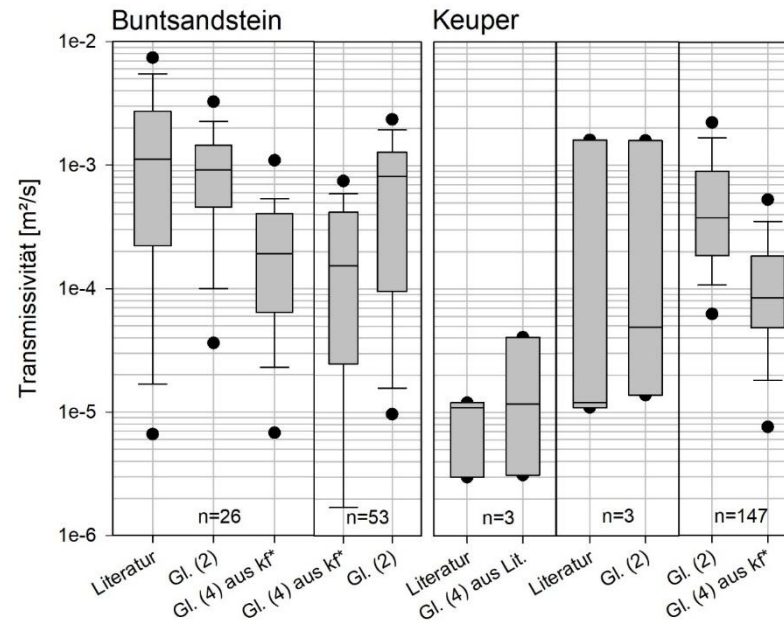
Mittelwert der Durchlässigkeit über alle Inhomogenitäten eines Aquifers hinweg.

Für eine geothermische Nutzung  $> 5 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s

$$T = 1,22 \cdot C \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (\text{nach Logan, 1964})$$

Q = Förderrate, s = Absenkung, H = Höhe ungesenkter Wasserstand, C = spezifische Ergiebigkeit

	k <sub>f</sub> -Wert			Transmissivität	
	Buntsandstein	Keuper		Buntsandstein	Keuper
Literaturwerte	26	20	Literaturwerte	49	9
k <sub>f</sub> = T/m aus Literaturwert	45	3	T = k <sub>f</sub> · m aus Literaturwert	16	5
$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(2 \cdot H - s) \cdot s}$	55	147	T = 1,22 · C	67	161
k <sub>f</sub> = T/m aus T*	31	152	T = k <sub>f</sub> · m aus k <sub>f</sub> *	53	148

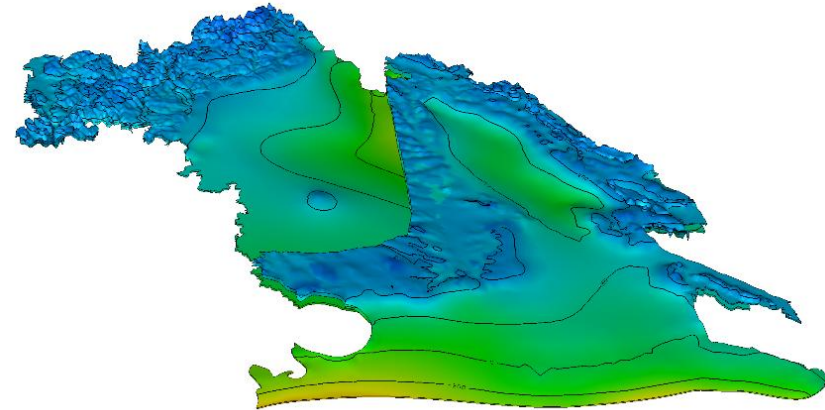


	k <sub>f</sub> -Wert			Transmissivität	
	Buntsandstein	Keuper		Buntsandstein	Keuper
Literaturwerte	26	20	Literaturwerte	49	9
k <sub>f</sub> = T/m aus Literaturwert	45	3	T = k <sub>f</sub> · m aus Literaturwert	16	5
$k_f = \frac{2 \cdot Q}{(2 \cdot H - s) \cdot s}$	55	147	T = 1,22 · C	67	161
k <sub>f</sub> = T/m aus T*	31	152	T = k <sub>f</sub> · m aus k <sub>f</sub> *	53	148



## Temperatur

- Geothermischer Gradient:  
in Deutschland im Mittel bei 32 K/km  
in Bayern zwischen 30 und 40 K/km
- 3D-Temperaturmodell aus GeotIS (Aktualisierung 2018):  
3D-Kriging mit 4 Qualitätskategorien:
  1. Ungestörte Logs und Lagerstättentemperaturen
  2. Temperaturmessungen bei Pumptests
  3. gestörte Logs und korrigierte BHTs (Bottom Hole Temperature) mit Standzeit(en) ab Spülstopp
  4. Korrigierte BHTs mit geschätzter Standzeit ab Spülstopp



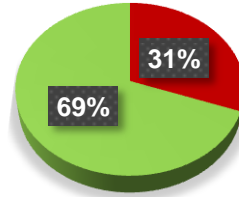
Größtenteils bis 200 m Tiefe

Aquifer Buntsandstein (sm/su)

Innerhalb sm nur 40-50% der Werte im Bereich für eine geothermische Nutzung

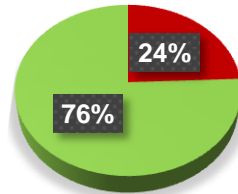
Insgesamt ~ 70% aller Werte für eine geothermische Nutzung geeignet

Durchlässigkeitsbeiwert

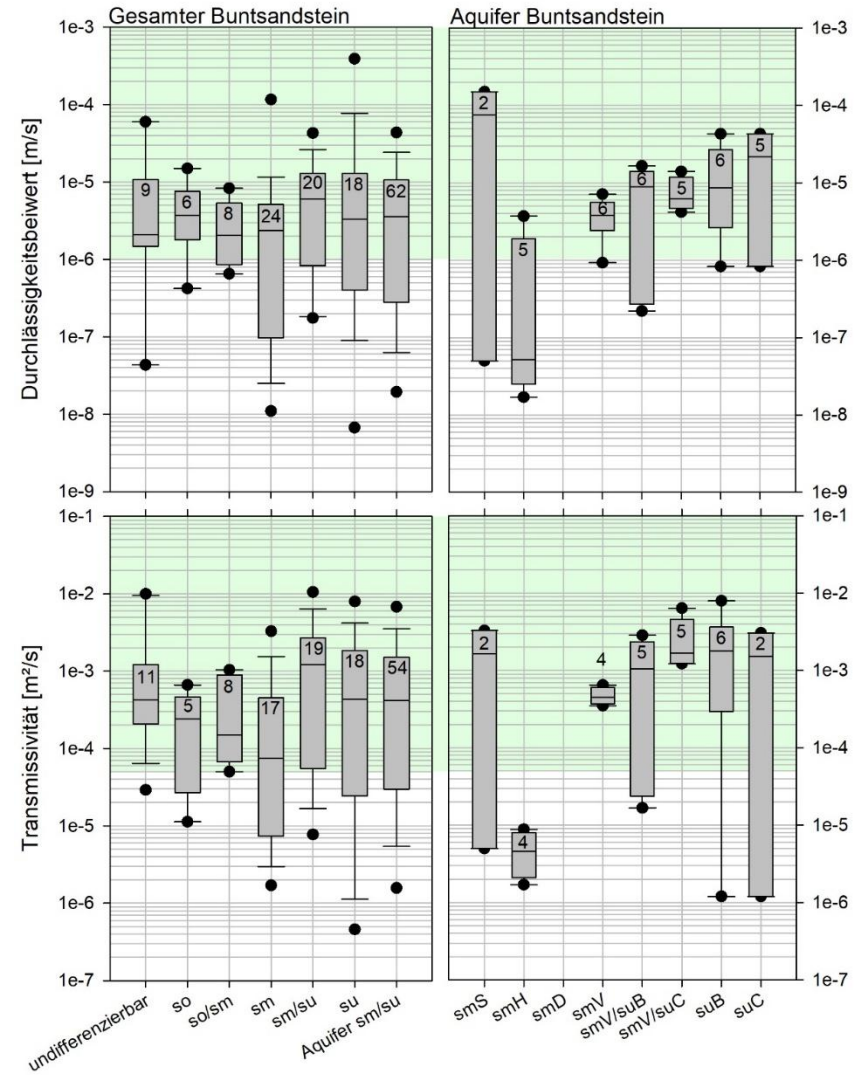


■ ungeeignet ■ geeignet

Transmissivität



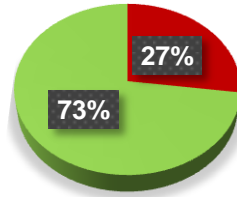
■ ungeeignet ■ geeignet



Größtenteils bis 400 m Tiefe

Durchlässigkeitsbeiwert

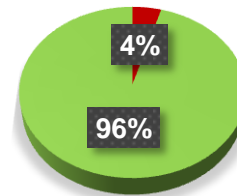
Aquifere Gipskeuper und Sandsteinkeuper



■ ungeeignet ■ geeignet

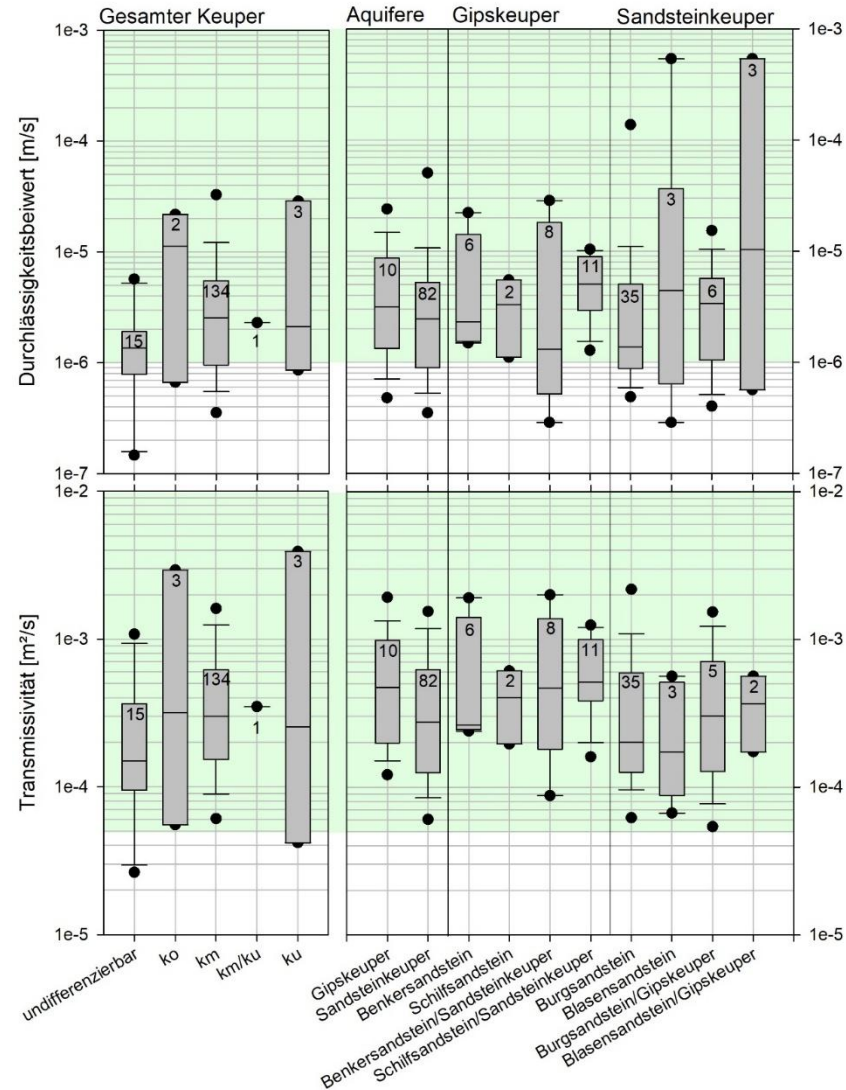
Insgesamt ~ 80% aller Werte für eine geothermische Nutzung geeignet

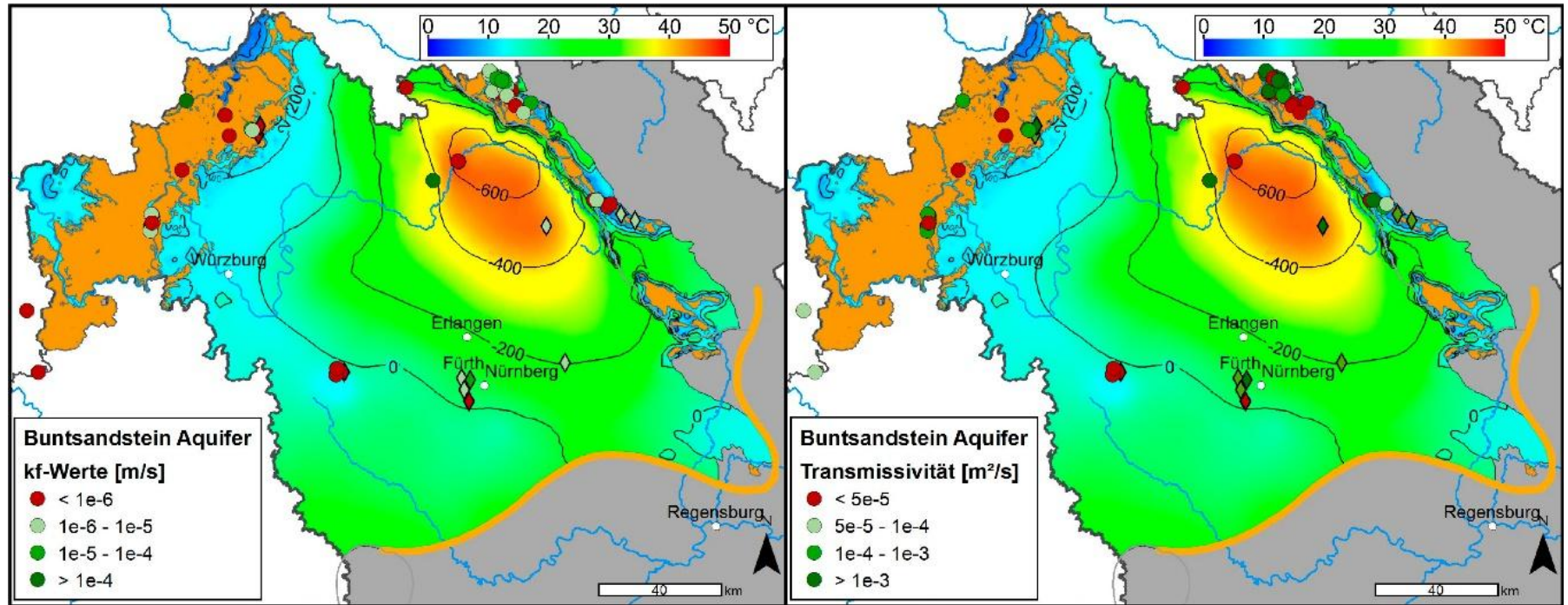
Transmissivität



■ ungeeignet ■ geeignet

➡ Lokale Variationen?

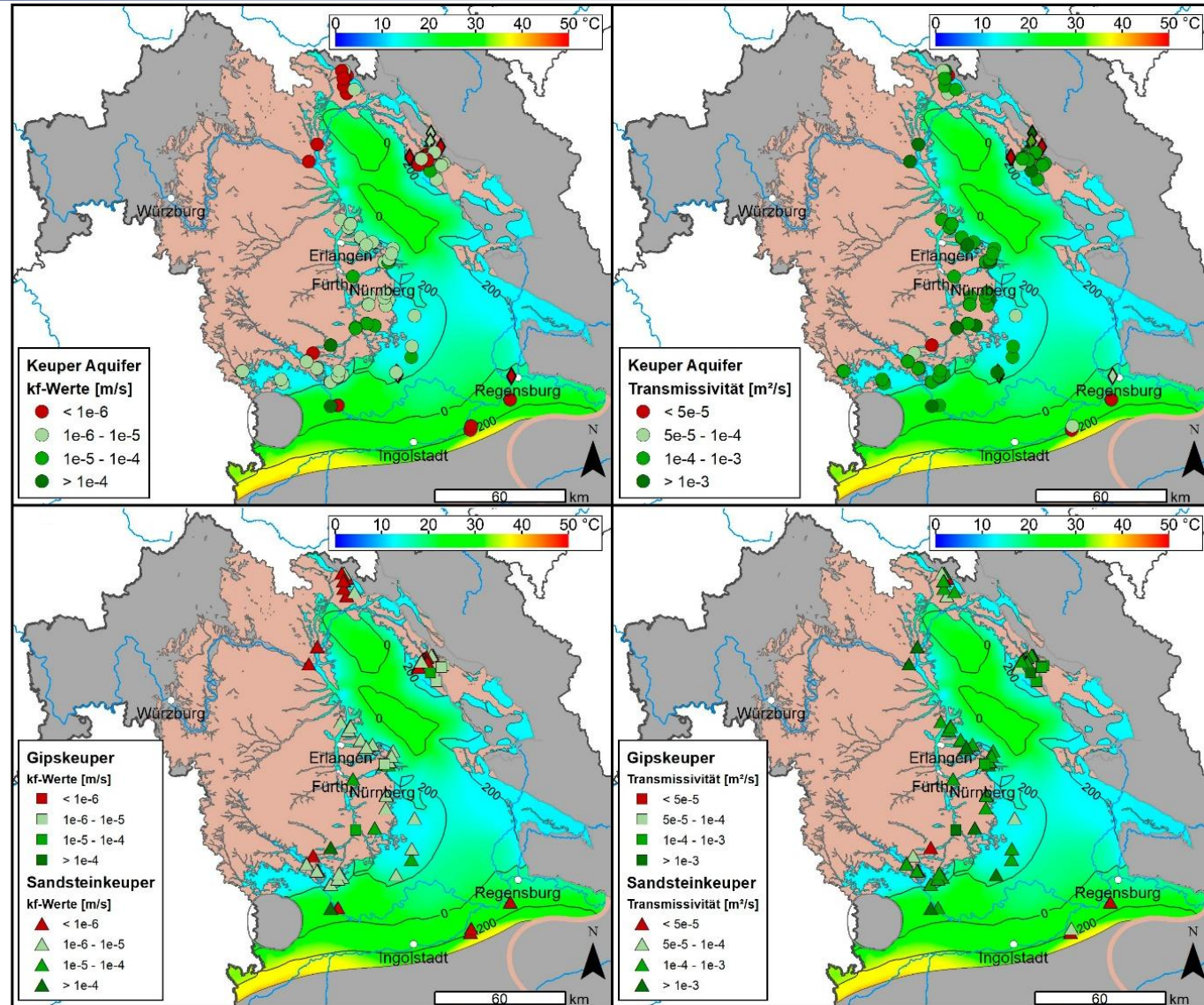




Modifiziert nach Fritzer et al., 2013

- Buntsandstein Aquifer
- 10 bis 45 °C
- Geringe Werte im Nordwesten und im Südwesten
- Höchste Werte im Nordosten und um Nürnberg

- Keuper Aquifer:  
Sandsteinkeuper und  
Gipskeuper
- 15-38 °C
- Geringe Werte nur  
bei kf-Werten im  
Norden und Süden
- Hohe Werte dem  
Ausstrich folgend in  
geringen Tiefen



Modifiziert nach Fritzer et al., 2013

### Nordbayern:

- Großteil der Daten bis 300 m.
- Fast überall geothermische Potentiale vorhanden.
- Temperaturen sind ausreichend für Aquiferspeicher.

### Geothermisches Informationssystem (GeotIS)

#### Geothermische Potentialkarten:

- E' Norddeutsches Becken
- Molassebecken
- In Bearbeitung:
- W' Norddeutsches Becken
- Nordbayern

**Standorte** Definition...

- △ Standort mit Nebennutzung
- ▽ Standort ohne Nebennutzung
- ▲ Thermalbad / Balneologie
- ▲ Aquiferspeicher

**Fachdaten**

- Gebiet mit Potential für hydrogeothermische Nutzung (Hilfe...)

Gebirgsdurchlässigkeit (T/H) [m/s]

- T/H-Wert aus hydraulischem Test
- ◇ berechneter T/H-Wert
- Linie gleicher Durchlässigkeit (gestrichelt = vermutete Lage)

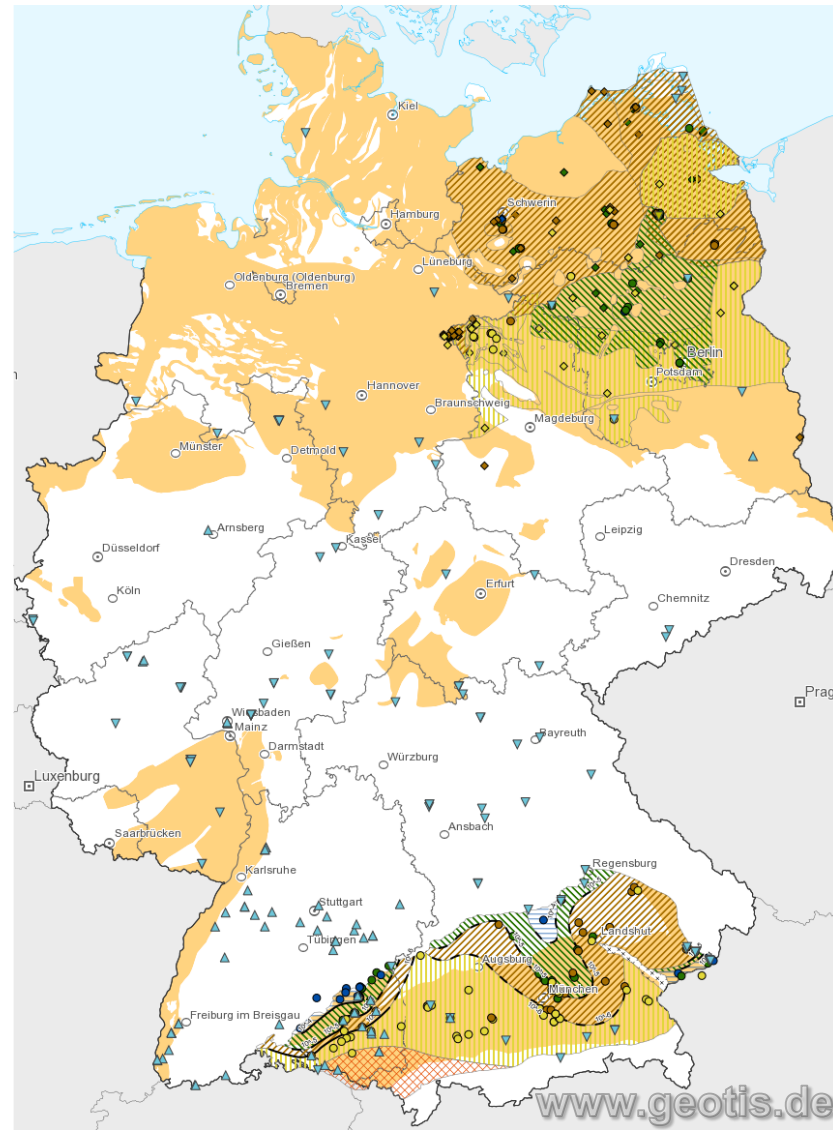
Fläche	Bohrung
■ 10 <sup>-3</sup> bis 10 <sup>-4</sup>	● 10 <sup>-3</sup> bis 10 <sup>-4</sup>
■ 10 <sup>-4</sup> bis 10 <sup>-5</sup>	● 10 <sup>-4</sup> bis 10 <sup>-5</sup>
■ 10 <sup>-5</sup> bis 10 <sup>-6</sup>	● 10 <sup>-5</sup> bis 10 <sup>-6</sup>
■ 10 <sup>-6</sup> bis 10 <sup>-11</sup>	● 10 <sup>-6</sup> bis 10 <sup>-11</sup>
■ <10 <sup>-8</sup>	● nicht durchlässig

**Grenzen**

- Staatsgrenze
- Bundeslandgrenze

**Siedlung**

- Bundeshauptstadt
- Landeshauptstadt
- Sitz der Bezirksregierung



---

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

## Fragen?

Ein großer Dank geht auch an Herrn Dr. Fritzer vom Bayerischen Landesamt für Umwelt

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die Unterstützung im Rahmen des Projektes GeoFaces Geofaces, Fördernr.: 0324025A

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**GEO**faces

**LIAG** Leibniz-Institut für  
Angewandte Geophysik