



Tiefe Geothermie in Hessen: Überblick zum derzeitigen Stand und zu Nutzungskonflikten

Themenübersicht:

1. „Tiefe Geothermie“: Nutzungsarten
2. Geothermisches Potenzial in Hessen
3. Projektentwicklung und Beteiligung HLUg
 - Bedarf und konkurrierende Nutzungen
 - Mögliche Auswirkungen und Risiken
 - Erschließung
4. Derzeitiger Stand der Projekte

Nutzungsformen der Geothermie

Tiefe Erdwärmesonden

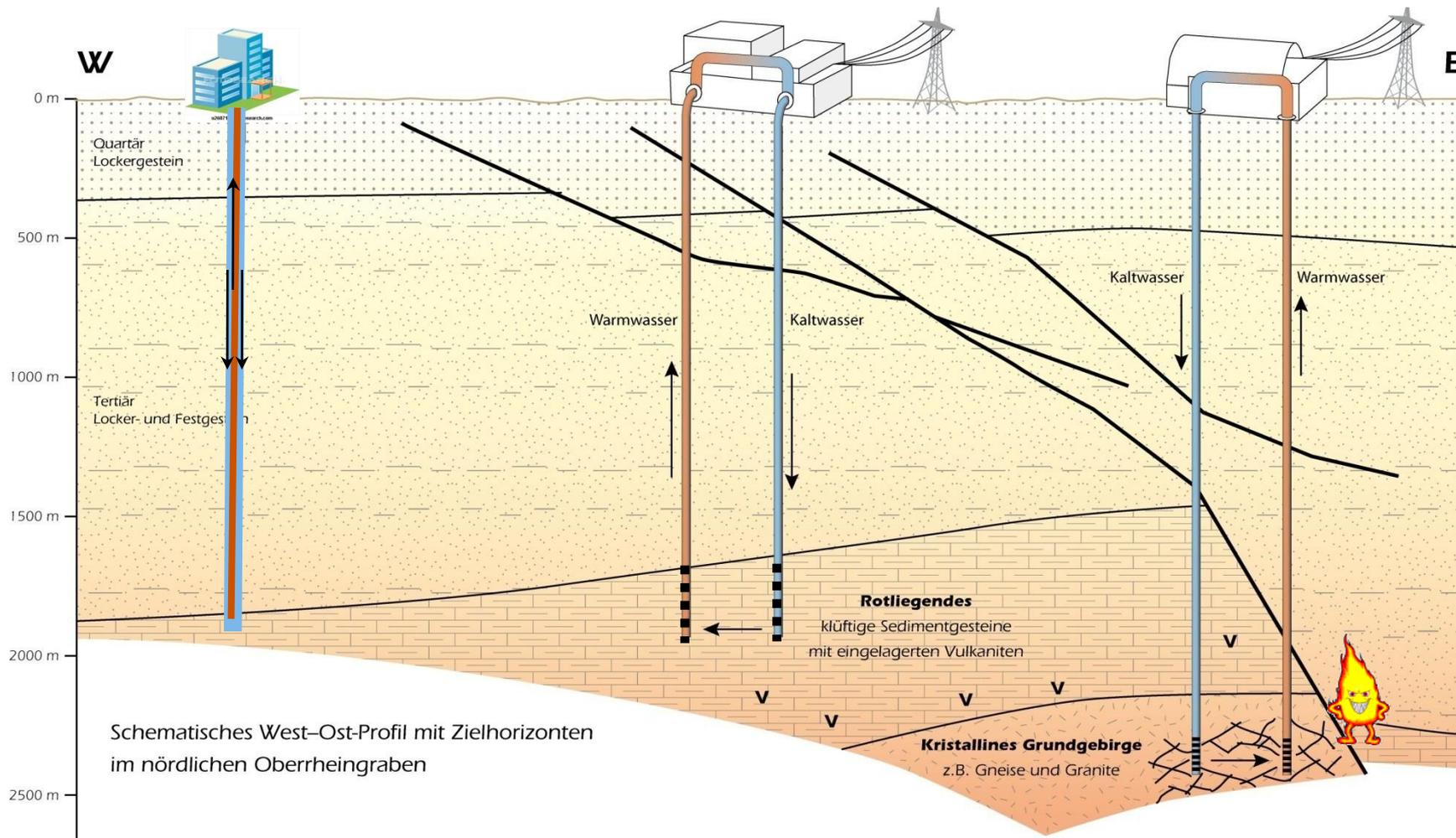
Erzeugung von Wärme durch direkte Nutzung eines geschlossenen Kreislaufs in einer coaxialen tiefen Sonde

Hydrothermale Systeme

Direkte Wärmenutzung (Thermalwasser) aus klüftig-porösen oder zerütteten Gesteinsschichten zur Erzeugung von Wärme ($> 20^{\circ}\text{C}$) oder Strom ($> 120^{\circ}\text{C}$) mittels Dublette

Petrothermale Systeme (HDR, EGS)

Wärme- und Stromerzeugung aus heißen, überwiegend trockenen Gesteinen über induzierten Wasserkreislauf mittels Dublette nach künstlicher Schaffung von Rissystemen



Leistung eines Geothermiekraftwerks

	MW_{th}	MW_{el}	Temperatur °C	Förderrate (l/s)	Tiefe (m)
Neustadt-Glewe	1,3-3,5	0,21	98	33	2250
Unterhaching	38 (70)	3,36	122	150	3350
Landau	3-6	3	160	70	3000 (3300)
Bruchsal	4	0,5	118	86	2542

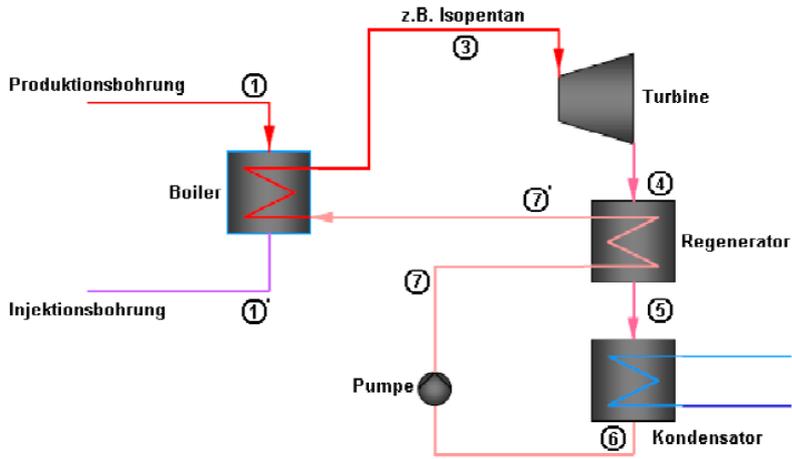
Geothermie: Grundlastfähiger Strom, $3 MW_{el}$ für 6000, $3 MW_{th}$ für 200 Haushalte

Vergleich:  1,5 - 3 MW

 2000 MW (5 Blöcke)

Einspeisevergütung für geothermische Energie gefördert nach Erneuerbare Energien Gesetz (EEG): Bis einschließlich 10 MW: 16,0 Ct./kWh, ab > 10 MW: 10,5 Ct./kWh, bei Kraft-Wärme-Kopplung Erhöhung um je 3,0 Ct./kWh, Frühbcherbonus bis Ende 2015: zusätzlich 4,0 Ct./kWh, Technologiebonus z.B. bei HDR-Systemen zusätzlich 3,0 Ct./kWh.

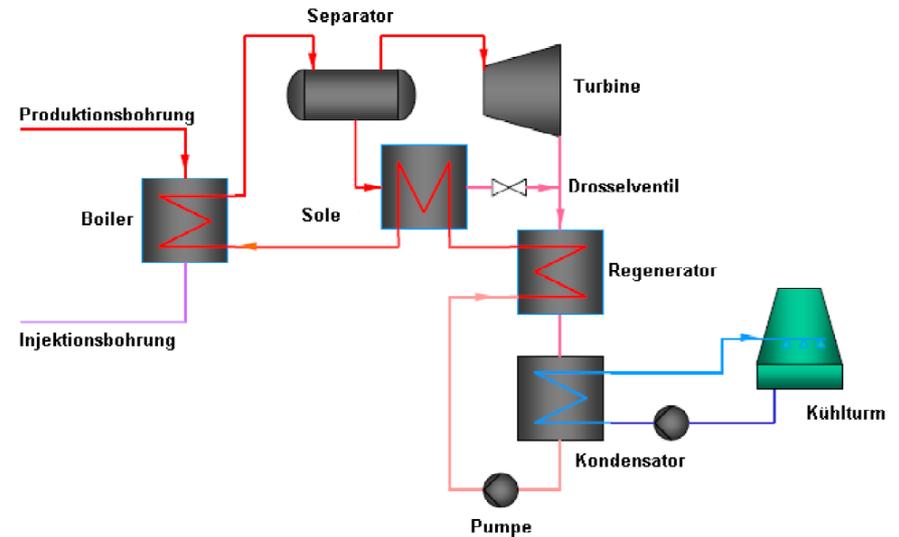
ORC-Regenerator



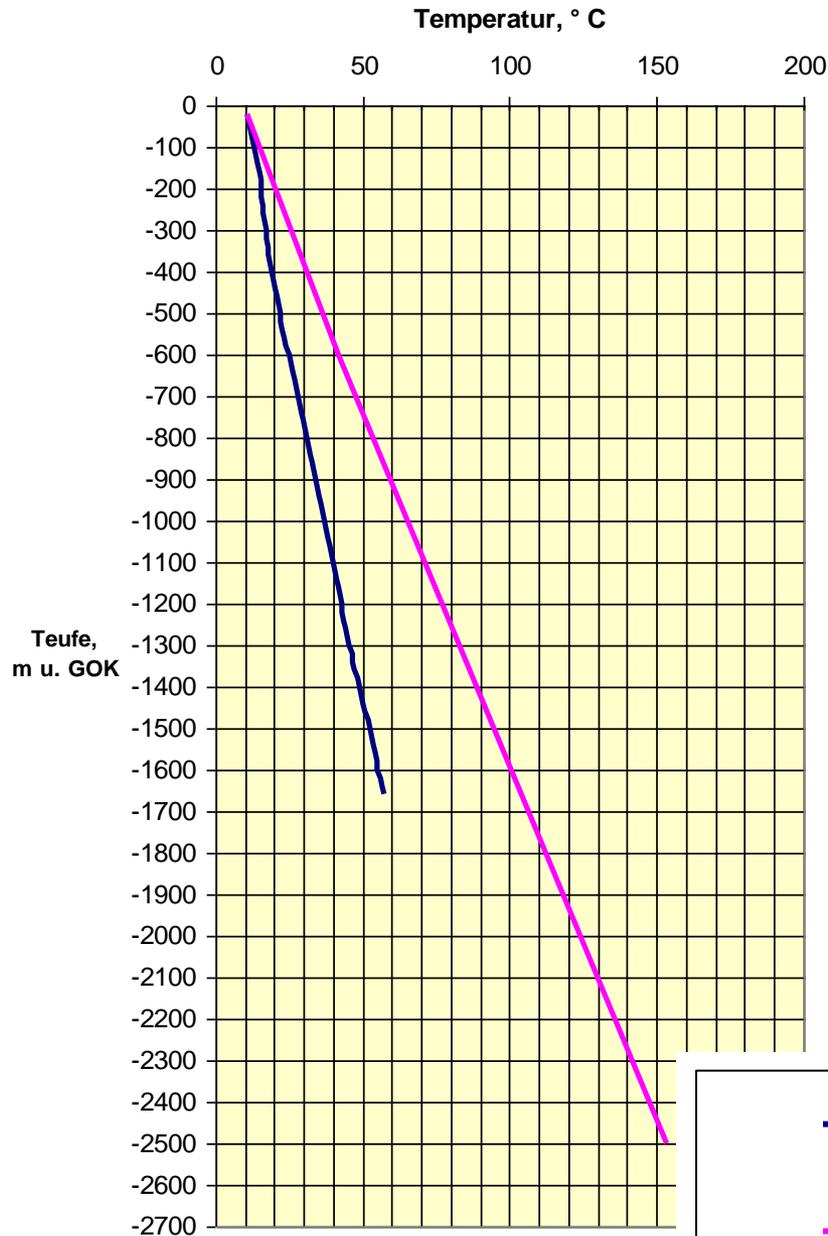
Technologien zur Stromgewinnung aus Systemen mit niedriger Enthalpie

Kalina-Prozess

Quelle: Summerschool - Páll Valdimarsson



Quelle: Summerschool - Páll Valdimarsson



Geothermisches Potenzial

1. Temperatur (T)

Zunahme zur Tiefe
(Geothermischer Gradient):

Nordhessen: ca. 30 °C/1000 m

Oberrheingraben: ca. 57 °C/1000 m

2. Förderrate (Q)

- nur wenig Informationen z.Zt.

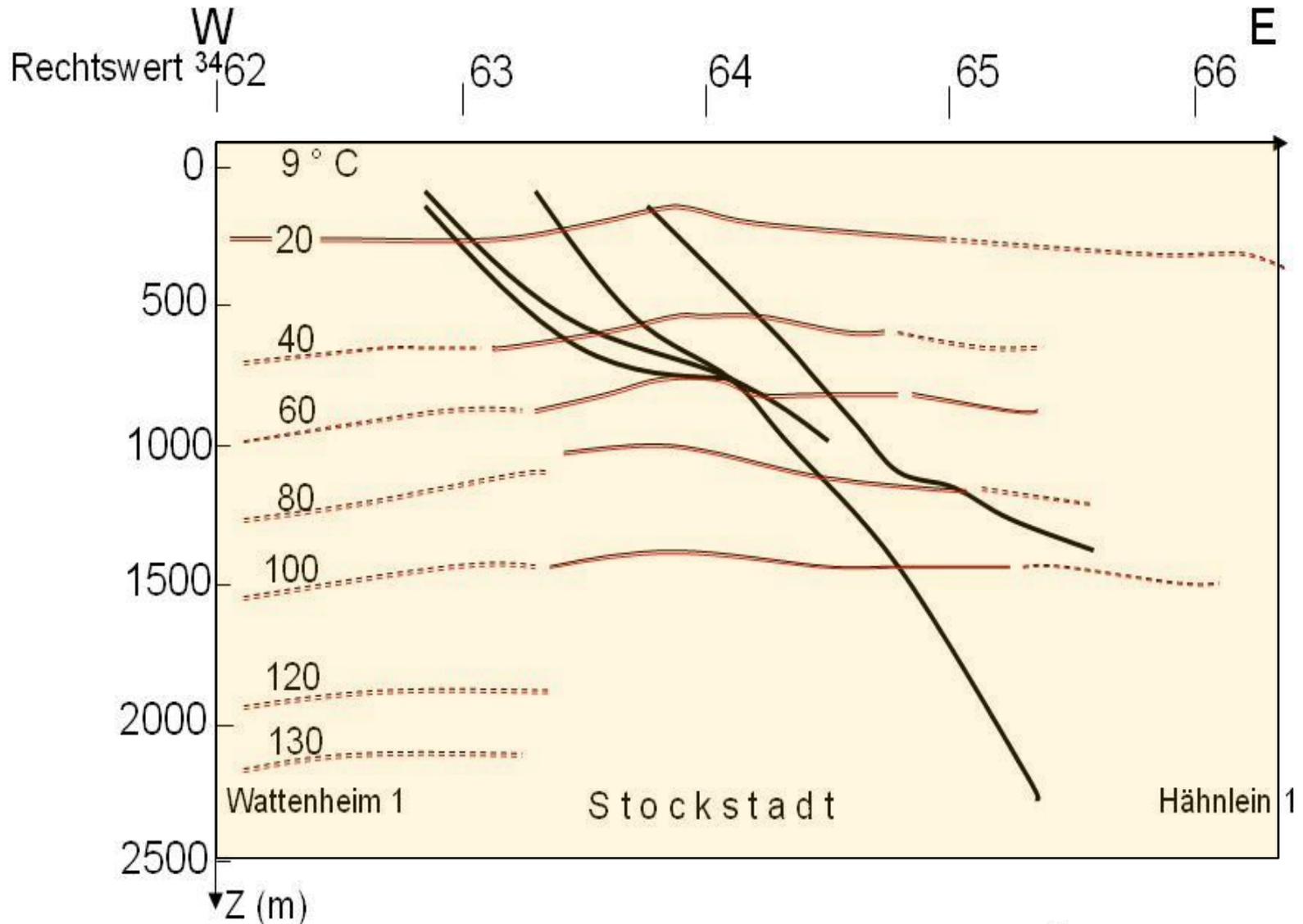
→ 1. x 2. = Thermische Leistung (P):

$$P = \rho_F C_F Q (T_i - T_0)$$

— Nordhessen

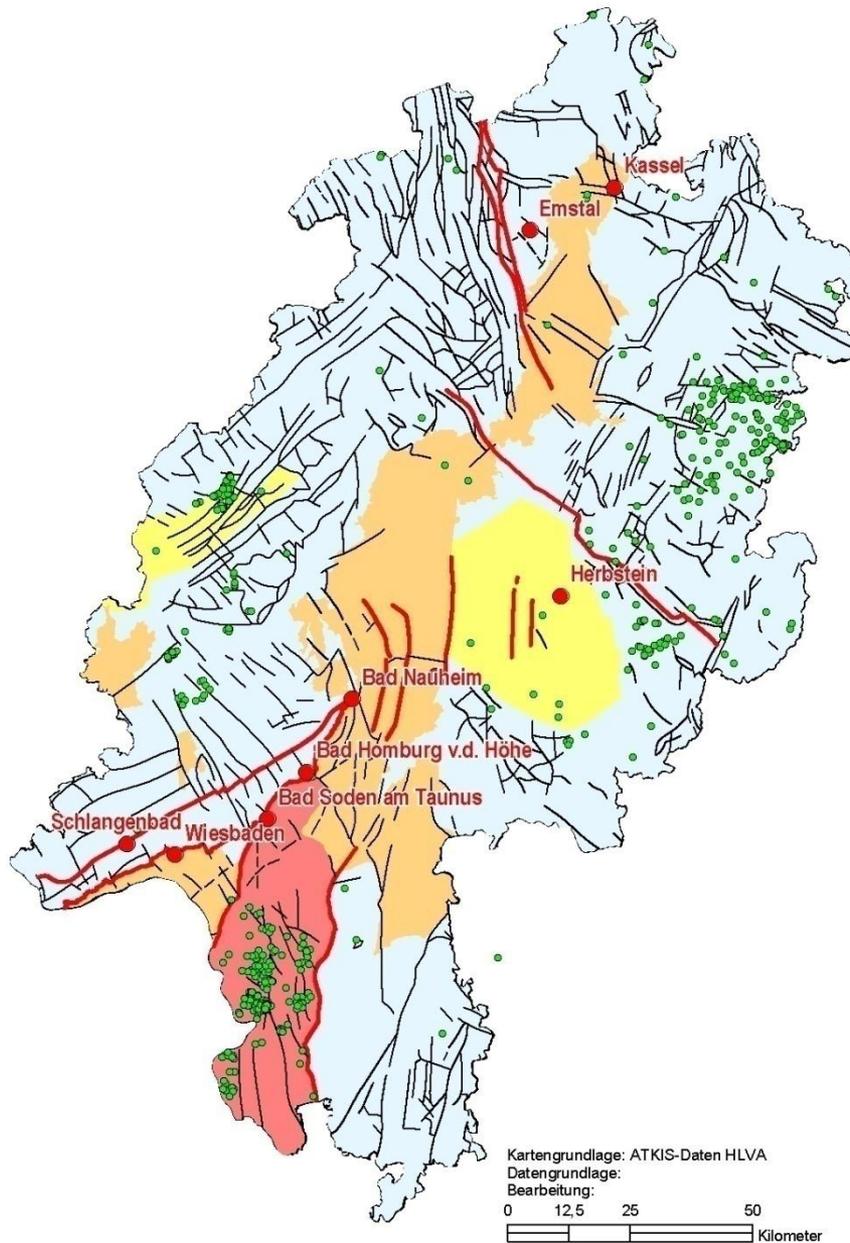
— Oberrheingraben

Potenzial: Temperaturanomalien in Störungsbereichen



nach HÄNEL & ZOTH (1979)

Potenzial: Geologische Strukturräume mit nachgewiesenem und vermutetem tiefengeothermischem Potenzial in Hessen



Kartengrundlage: ATKIS-Daten HLVA
 Datengrundlage:
 Bearbeitung:
 0 12,5 25 50
 Kilometer

Geothermischer Gradient

- Oberrheingraben, erhöhter geothermischer Gradient, Temperatur in 3000 m Tiefe ca. 130 - 150°C (durch Messwerte belegt), Stromerzeugung aussichtsreich
- Vermutlich erhöhter geothermischer Gradient, Temperatur in Thermalwasseraufstiegsgebieten in 3000 m Tiefe möglicherweise 110-120°C (sehr wenig erkundet; Niederhessische Senke, Mainzer Becken, Idsteiner Senke, Limburger Becken)
- Vermutlich erhöhter geothermischer Gradient, Temperatur in Thermalwasseraufstiegsgebieten in 3000 m Tiefe möglicherweise 110-120°C (sehr wenig erkundet; Hoher Vogelsberg, Westerwald-Dillmulde) *
- Normaler geothermischer Gradient von 3°C Temperaturzunahme pro 100 m Tiefe, Temperatur in 3000 m Tiefe ca. 90-100°C

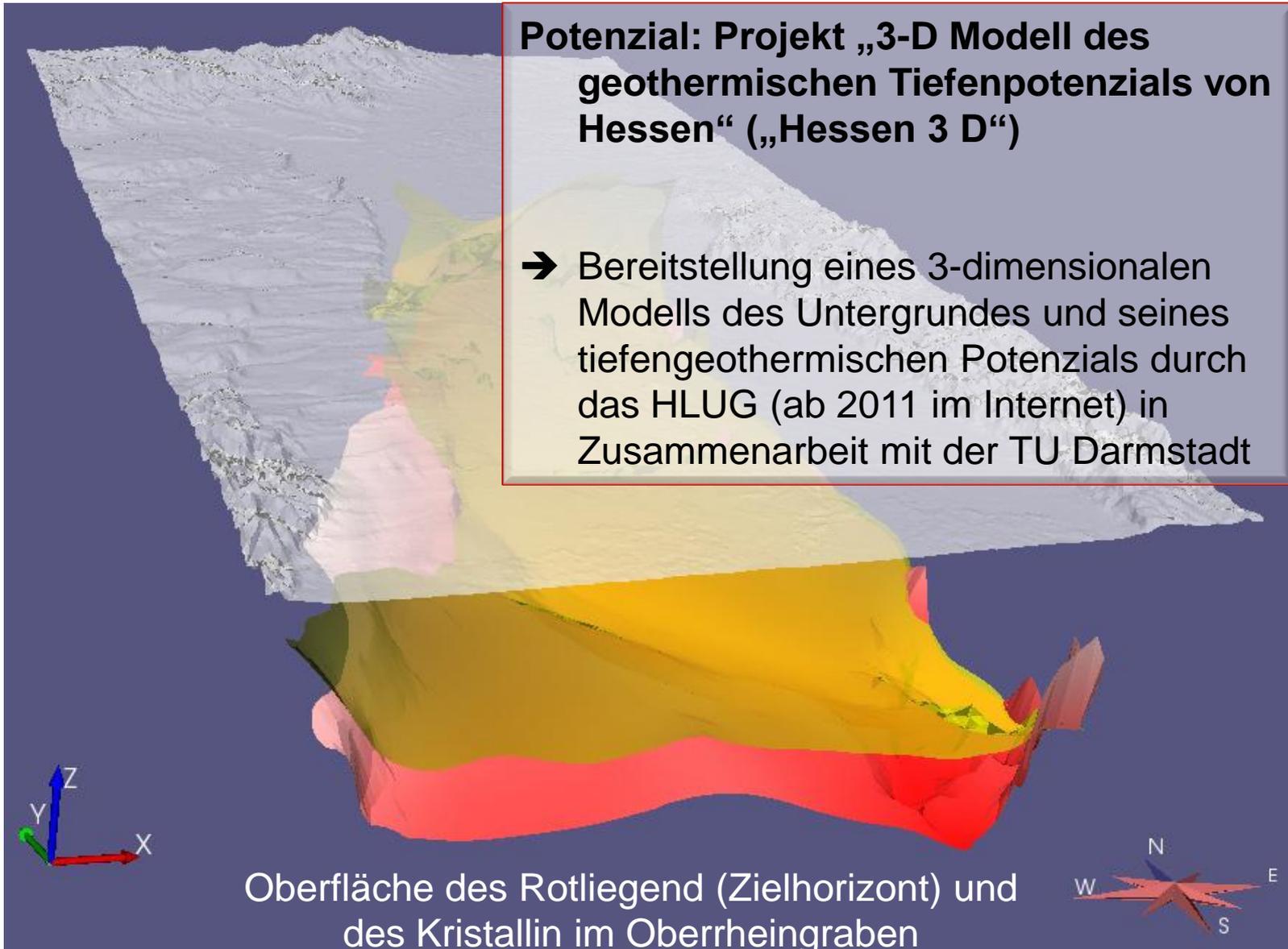
* in Anlehnung an LYSAK, S. V. (1992): Heat flow variations in continental rifts. - Tectonophysics, 2008, 309-322

Sonstiges

- Thermalwassernutzung/-förderung > 20 °C
- Bohrungen HLUG-Archiv > 400 m
- Hauptstörungen ***
- Störungen ***

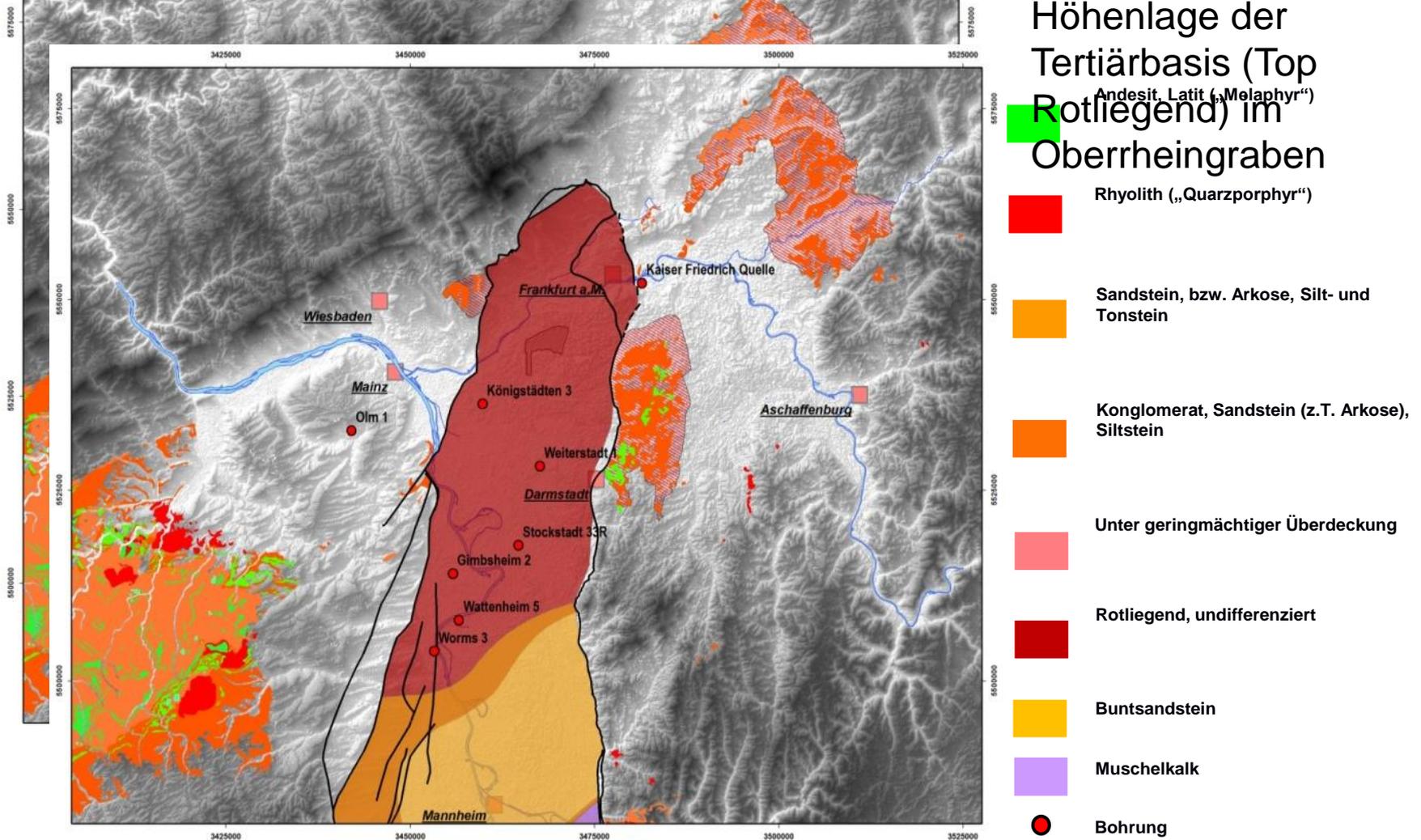
Potenzial: Projekt „3-D Modell des geothermischen Tiefenpotenzials von Hessen“ („Hessen 3 D“)

- Bereitstellung eines 3-dimensionalen Modells des Untergrundes und seines tiefengeothermischen Potenzials durch das HLUG (ab 2011 im Internet) in Zusammenarbeit mit der TU Darmstadt

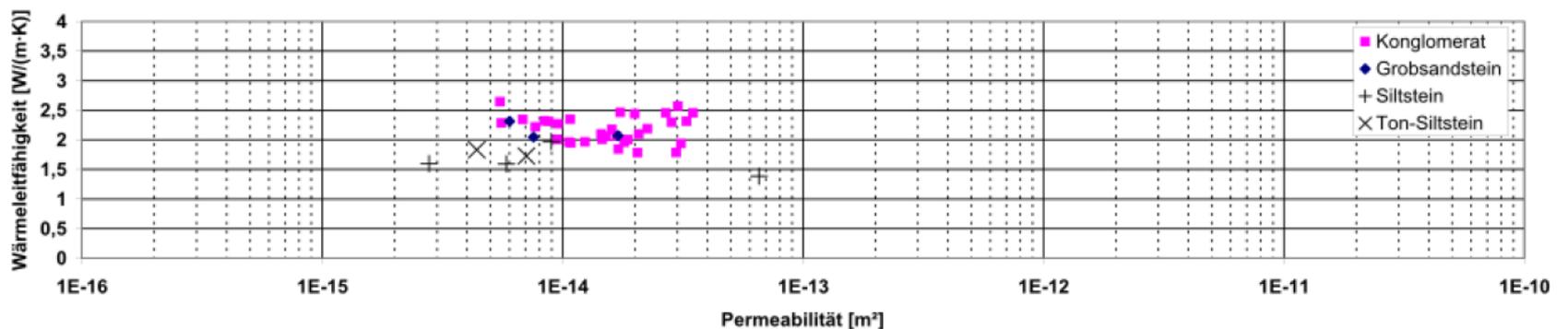
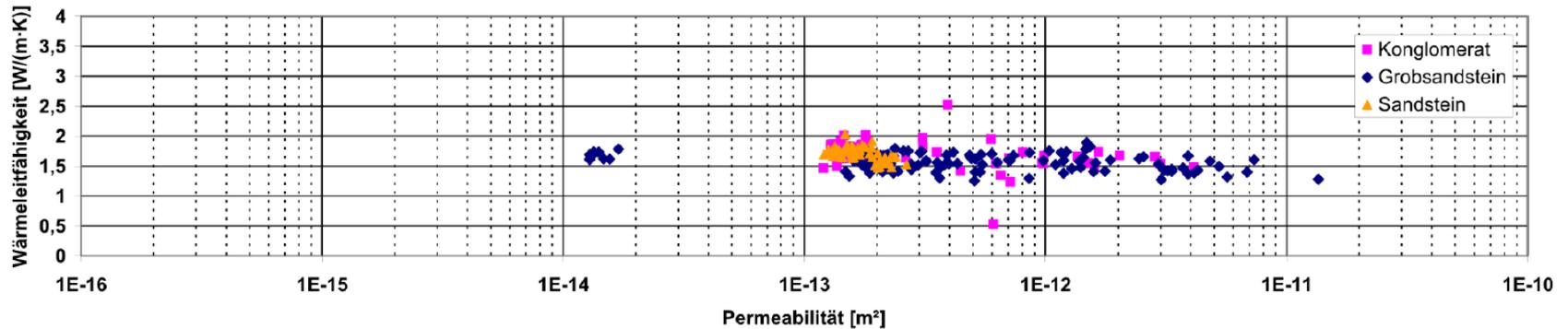


Potenzial: Projekt „Hessen 3-D“: Beispiele zur Darstellung geologischer Daten

Verbreitung und Lithologie der Reservoire im Oberrheingraben



Potenzial, Projekt „Hessen 3-D“: Gesteinskennwerte, Labormessungen



Wärmeleitfähigkeiten und Permeabilitäten
der Kusel- bis Tholey-Gruppe

$1 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 = 1 \text{ D}$
 $= \text{ca. } K_f \cdot 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

Projekt „Hessen 3-D“:

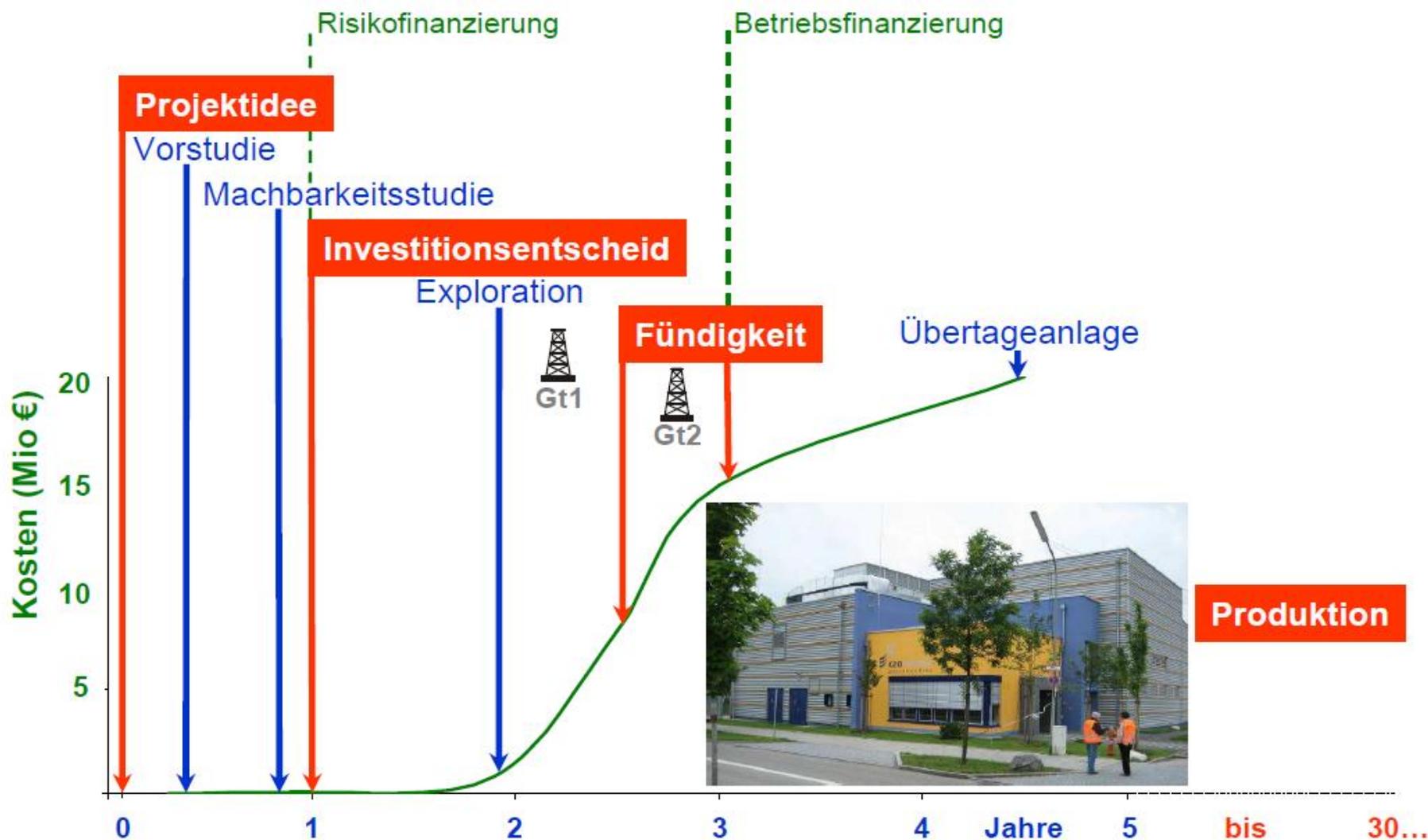
Permeabilitäten von Rotliegend-Gesteinen (grün: laut TAB-Studie 2003 ausreichend für eine Fließrate von 50 m³/h zur Stromerzeugung)

(aus Kristian Bär: Festkolloquium Angewandte Geothermie, 25. Januar 2010, TU Darmstadt)

Gesteinsart	Minimum [m ²]	Mittelwert [m ²]	Maximal [m ²]	Gebirgsdurchlässigkeit [m ²]
Konglomerat	1·10 ⁻¹⁴	5·10 ⁻¹⁴	3·10 ⁻¹³	5·10 ⁻¹²
Grobsandstein	1·10 ⁻¹⁴	1·10 ⁻¹³	1·10 ⁻¹²	1·10 ⁻¹¹
Sandstein	5·10 ⁻¹⁵	5·10 ⁻¹⁴	1·10 ⁻¹³	5·10 ⁻¹²
Silt-Tonstein	1·10 ⁻¹⁶	3·10 ⁻¹⁵	1·10 ⁻¹⁴	keine Angabe
Vulkanit	1·10 ⁻¹⁷	1·10 ⁻¹⁶	1·10 ⁻¹⁵	1·10 ⁻¹⁴

Projektentwicklung einer tiefengeothermischen Erschließung

(SCHULZ, LIAG, 2009)



Projektentwicklung:

Vorstudie, Machbarkeitsstudie: → Daten der KW-Datenbank und des LIAG (FIS Geophysik)

BohrDB - Daten bearbeiten (Übersicht)

Projekt: Weiterstadt 1 Projekt_ID: 15415 Ansatz_Nr: 1 Vorhaben_Nr: 1

Bohrlochname: Weiterstadt 1	Loch_ID: 17272	Datenfreigabe (RB): <input type="checkbox"/>	Bundesland: Hessen
Operator: BEB Erdgas u. Erdoel GmbH	OP-Nachfolger: BEB Erdgas u. Erdoel GmbH	Regierungsbezirk: Darmstadt	Kreis: Groß-Gerau
Erlaubnisfeld: 	Anmeldung: 	Bohrungsklasse: A3	Amt:
Identifizier (12): 25 08 915 001 0 1	Startteufe: 0,00	Bohrbeginn: 17.1.1981	G.-Ergebnis: fehl
LBEG-Nr.: 0087011	Endteufe: 2.504,70	Bohrende: 13.3.1981	T.-Ergebnis: fehl/verwaessert

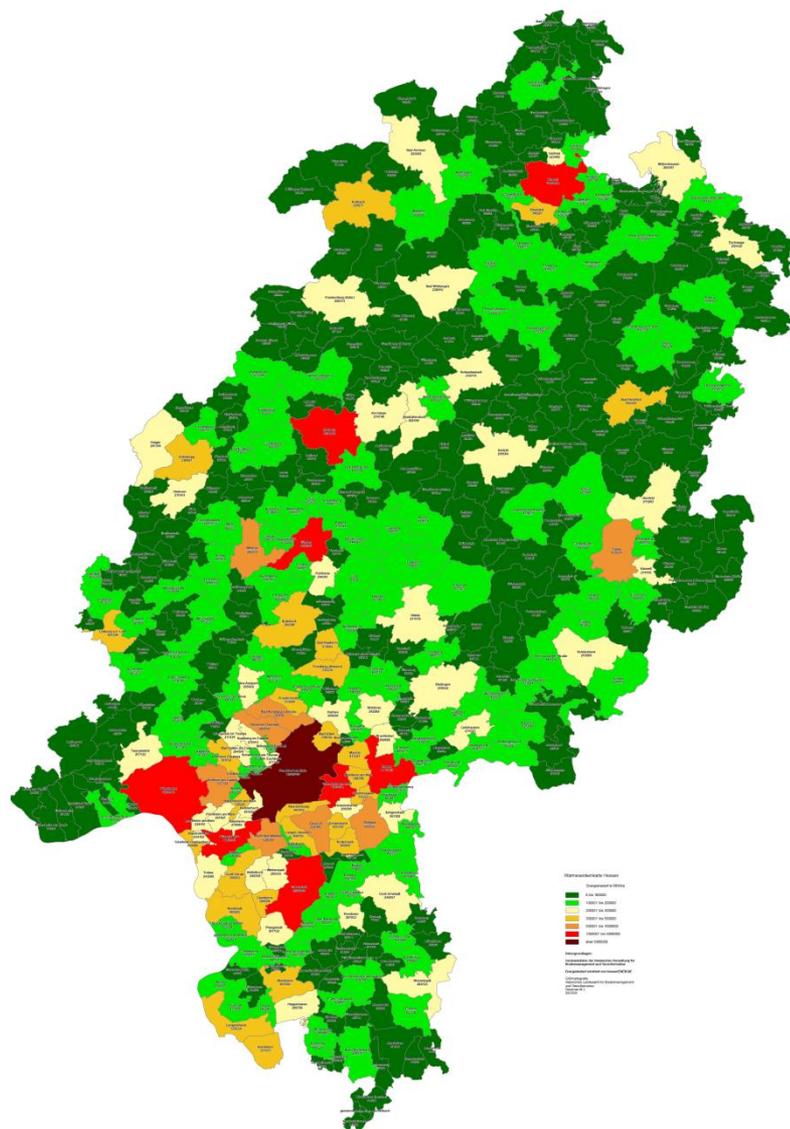
[Informationen zur Benennung und Zählung von KW-Bohrungen](#)

<input checked="" type="checkbox"/> Profil	<input checked="" type="checkbox"/> Beteil- igung	<input type="checkbox"/> Archiv	<input type="checkbox"/> Logs	<input checked="" type="checkbox"/> Gas - Analyse	<input checked="" type="checkbox"/> Öl - Analyse	<input checked="" type="checkbox"/> Wasser - Analyse	<input type="checkbox"/> Gas Messung.	<input type="checkbox"/> Bear- beiter	<input type="checkbox"/> Spülprobe
<input checked="" type="checkbox"/> GVM- Daten	<input checked="" type="checkbox"/> Kerne	<input checked="" type="checkbox"/> Teste	<input checked="" type="checkbox"/> Tem- peratur	<input type="checkbox"/> Inkohlung	<input type="checkbox"/> Casing	<input type="checkbox"/> Speicher	<input checked="" type="checkbox"/> Seism. Marker eintragen	<input type="checkbox"/> Schluss Bemerkung	
<input checked="" type="checkbox"/> ABW- Daten	<input checked="" type="checkbox"/> ABW-PDF	<input checked="" type="checkbox"/> ABW-LIS	<input type="checkbox"/> SV-Datei	<input type="button" value="Well-Hole
Übersicht"/>		<input type="button" value="Well Master
Data Übersicht"/>			

Referat L2.2
Energiewirtschaft Erdöl und Erdgas,
Bergbauberechtigungen **LBEG**

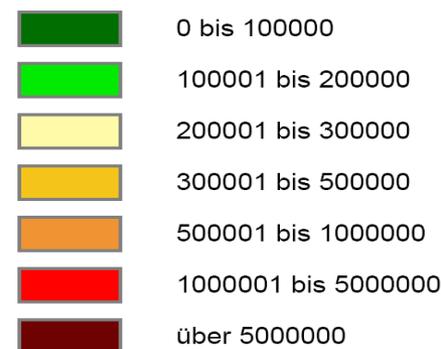
Datensatz: 1 von 1

**Projektentwicklung,
Machbarkeitsstudie:**
→ Bedarfsermittlung, Wärmesenken



Wärmesenken Hessen
Energiebedarf
0 bis 100000
100001 bis 200000
200001 bis 300000
300001 bis 500000
500001 bis 1000000
1000001 bis 5000000
über 5000000

Energiebedarf in MWh/a



Datengrundlagen:

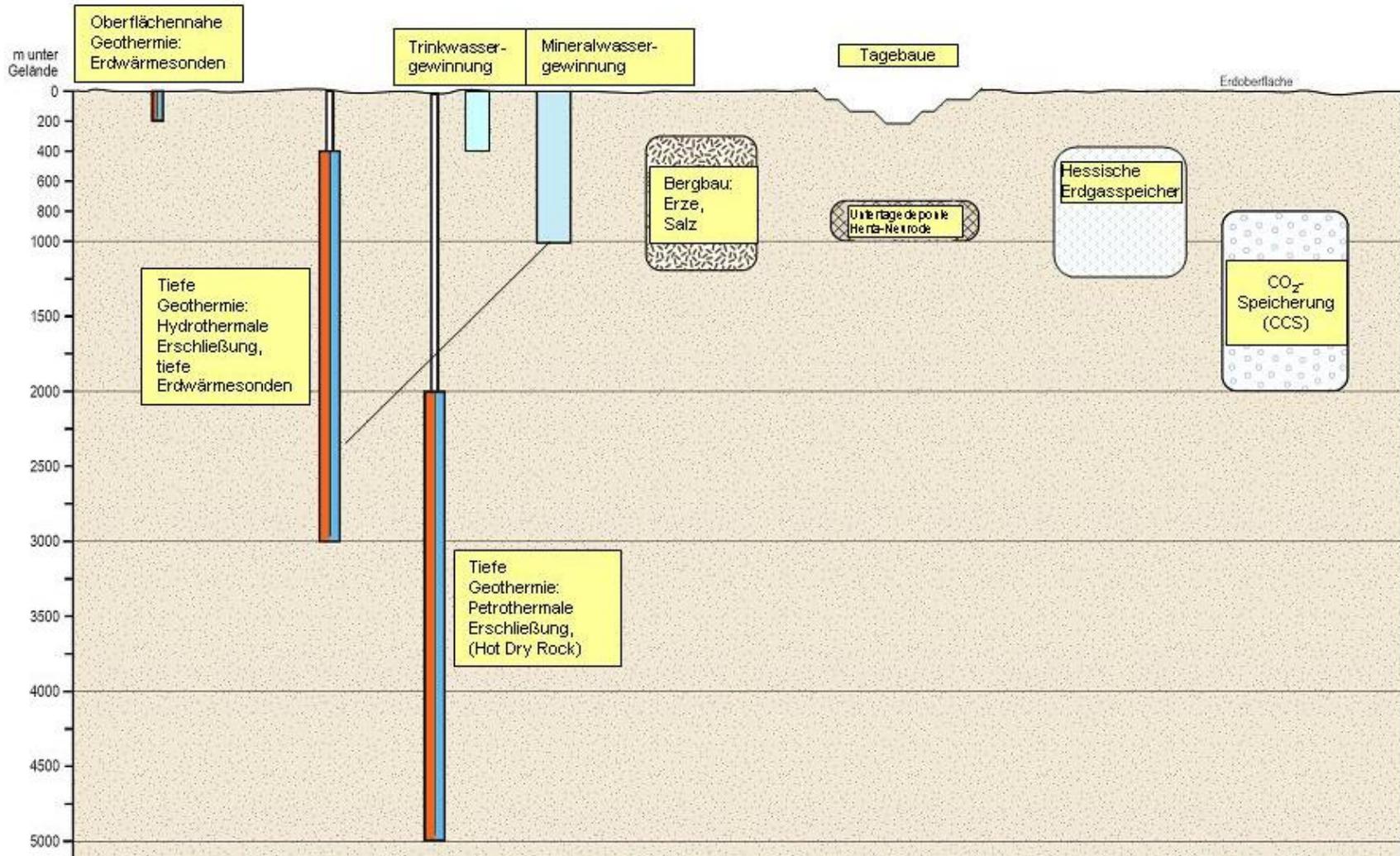
Geobasisdaten der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

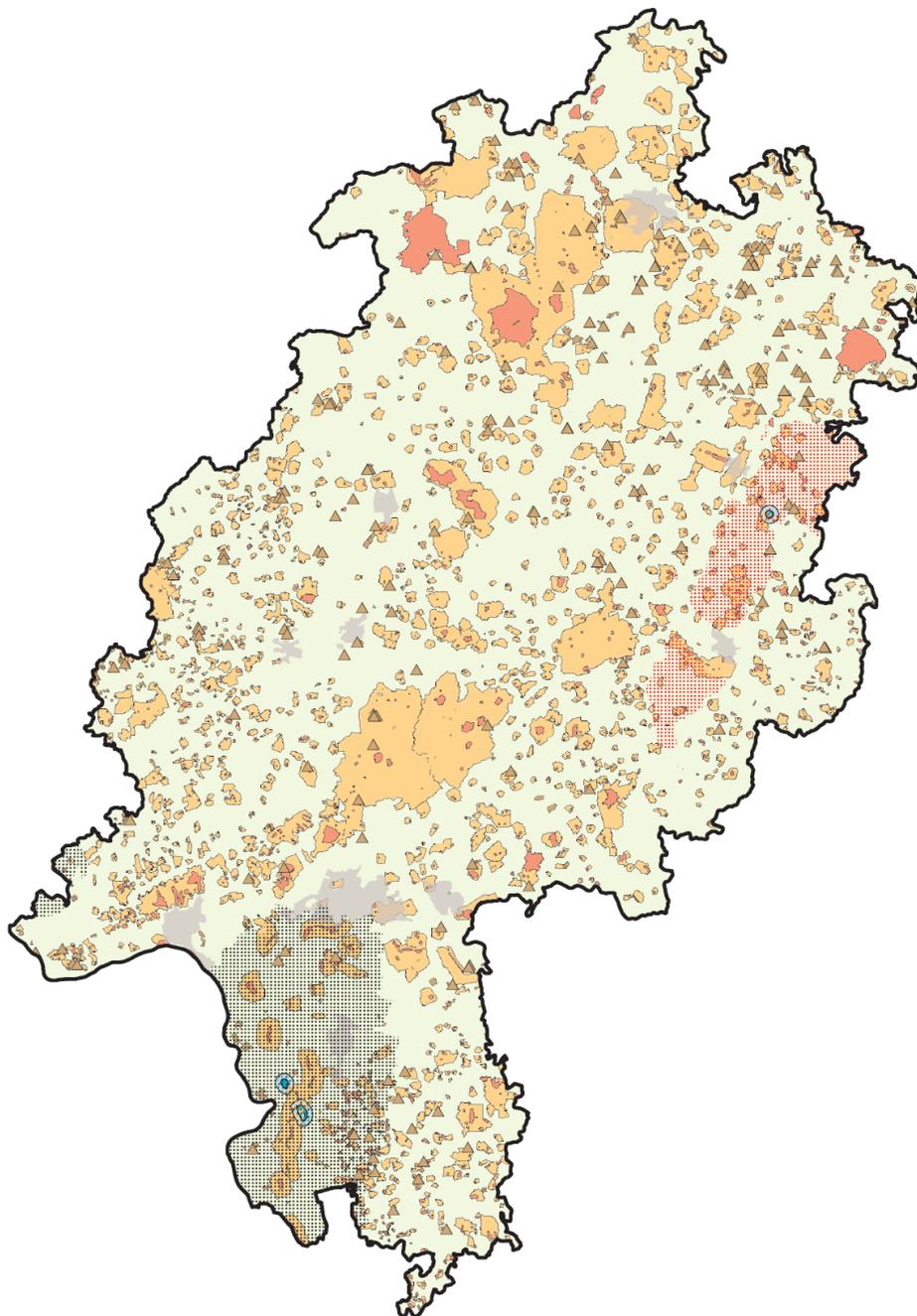
Energiebedarf ermittelt von hessenENERGIE

GIS/Kartografie:
Hessisches Landesamt für Bodenmanagement
und Geoinformation
Dezernat III 2
09/2008

Projektentwicklung, Machbarkeitsstudie

Berücksichtigung möglicher Nutzungskonflikte





Projektentwicklung
Machbarkeitsstudie
Ermittlung von Nutzungskonflikten
und Risikopotenzialen
(Daten des HLUG)

- Ausschlußgebiete**
- wasserwirtschaftlich unzulässig *
- Gebiete mit besonderen Nutzungskonflikten**
- Abbaugelände oberflächennaher Lagerstätten (< 10 ha)
 - wasserwirtschaftlich ungünstig erhöhte Anforderungen
 - Gebiete erhöhter Seismizität (Erdbebenzone 1 nach DIN 4194)
 - Abgrenzung des Werra-Salinars mit Bereichen untertägigen Abbaus von Kalisalz
 - Abbaugelände oberflächennaher Lagerstätten (> 10 ha)
 - Gebiet für Gasspeicher
 - Gebiet für Gasspeicher, 1km-Buffer
 - Bebauung (Topographie)
- Gebiete ohne spezielle Nutzungskonflikte aus geowissenschaftlicher Sicht**
-

* Die dargestellten Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebietszonen entsprechen einer für diese Fragestellung interpretierten Form und stellen den Bearbeitungsstand des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) dar. Es wird darauf hingewiesen, dass durch diese Interpretation einzelne Zonen nicht dargestellt werden. Somit stellen diese hier vorgelegten Abgrenzungen keine Übersicht der Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete dar. Eine solche Übersichtskarte kann im HLUG gesondert angefordert werden. Die rechtsverbindlichen Unterlagen liegen bei den oberen Wasserbehörden in den jeweils zuständigen Regierungspräsidien.



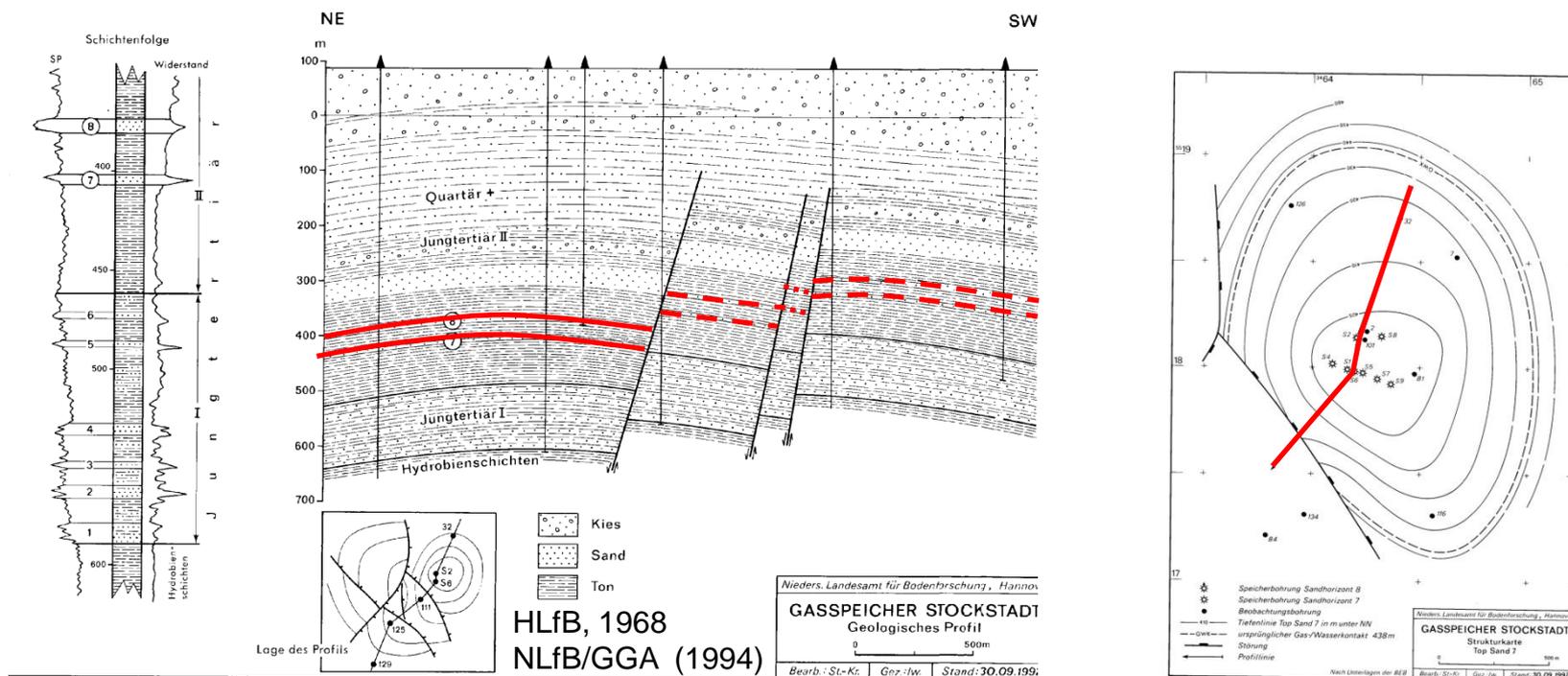
Projektentwicklung: Machbarkeitsstudie, Exploration
Ermittlung von Auswirkungen, Risiken: Beispiele von Ereignissen im
Zusammenhang mit stimulierten Bohrungen bei tiefer Geothermie

Ort	Land	Magni- tude	Bemerkung		
Soultz-sous-Forets	Frankreich	2,3	GPK4	Magnitude (nach Richter) 0 – 1,9 2,0 – 2,9 3,0 – 3,9	Anzahl der Erdbeben pro Jahr in Hessen 15 mal pro Jahr 1 mal pro Jahr
Soultz-sous-Forets	Frankreich	2,4	GPK2		
Soultz-sous-Forets	Frankreich	2,9	GPK3		
Cooper Basin	Australien	3,7	Stimulation H#1		
Cooper Basin	Australien	2,9	Re-Stimulation		
Basel	Schweiz	3,4			
Landau	BRD	2,7			
Insheim	BRD	2,2			



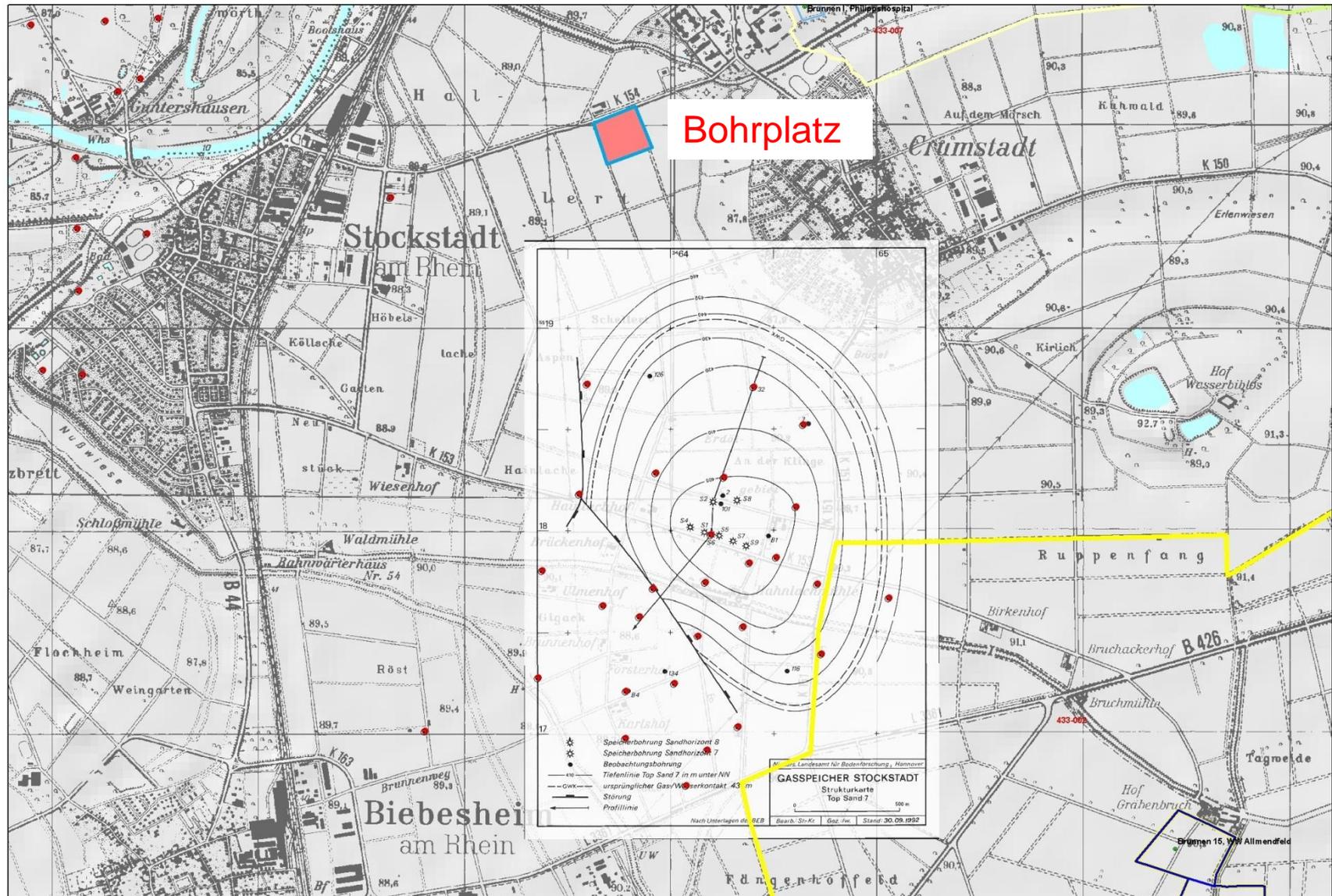
Projektentwicklung: Machbarkeitsstudie, Exploration

Spezielle Nutzungskonflikte, z.B. Porengasspeicher Stockstadt



Gasspeicher: NE-Scholle. NNW-SSE-streichende Antiklinale, am westlichen und südwestlichen Rand durch zwei N-S- bzw. NW-SE-orientierte Störungen begrenzt. Speicherhorizont: Jungtertiär II, Sandhorizonte 7 und 8, voneinander durch eine ca. 25 m mächtige Tonserie getrennt, ca. 400 m bzw. 360 m u. NN.

Projektentwicklung: Spezielle Nutzungskonflikte, Speicher Stockstadt



Exploration, Betrieb

Auswirkungen, Risiken: Mineralisation der Tiefenwässer - Korrosion, Mineralneubildungen (Scaling), Radioaktivität



Im Oberrheingraben: Calciumkarbonate, Eisen- und Kupfersulfide (Pyrit, Chalkopyrit), bei $> 90^{\circ}\text{C}$ Bleiverbindungen (Galenit) und Ba-Sr-Sulfate als Scales in Rohrtouren

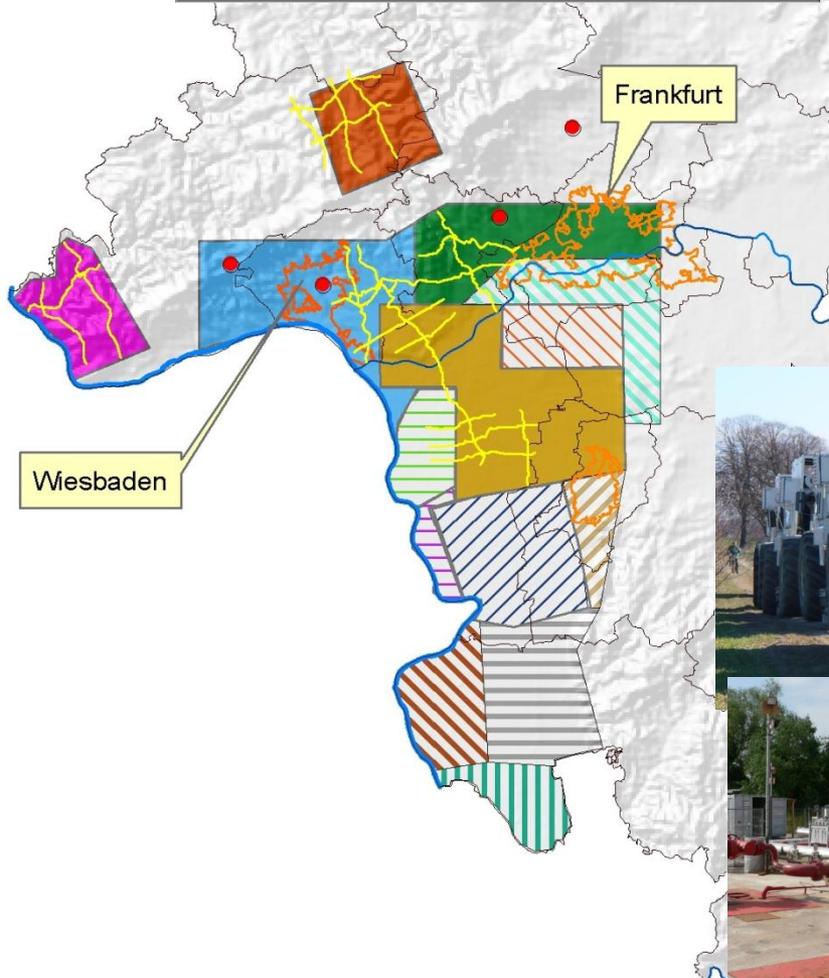
Nuklid	Gesamtaktivität/ Bq	Gesamtmasse des Nuklids/ g
^{226}Ra	$5,7 \cdot 10^{10}$	1,6
^{210}Pb	$0,2 \cdot 10^{10}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$
^{228}Ra	$6,9 \cdot 10^{10}$	$6,9 \cdot 10^{-3}$
^{224}Ra	$6,0 \cdot 10^{10}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Nuklid	Gesamtaktivität/ Bq	Gesamtmasse Kalium/ g
^{40}K	$18,1 \cdot 10^{10}$	$5,7 \cdot 10^9$

Tabelle: Totale Aktivitäts- und Stoffmengen der einzelnen Nuklide, die im Zeitraum 1994 bis Ende 2008 die Anlage Neustadt-Glewe durchlaufen haben

➔ Abstimmung des Anlagenausbaus auf Druckverhältnisse und Thermalwasserbeschaffenheit, frühzeitige Berücksichtigung bei Planung (Machbarkeitsstudie), Vergleich mit bekannten Thermalwasseraufstiegen

Beantragte bzw. bewilligte Erlaubnisse zur Aufsuchung von Erdwärme und Sole gem. § 7 und 8 BBergG, Stand: Mai 2010



3. Machbarkeitsstudie:

→ Erlaubnisfelder

4. Exploration

→ Seismische Untersuchungen (nicht schraffierte Erlaubnisfelder)

5. Erschließung

→ Bohrungen: Feld Groß-Gerau (ÜWG)? Zeitpunkt?

6. Produktion?



Foto: Schulz



Fazit

Potenzial zur Wärmegewinnung in ganz Hessen

- ✓ Potenzial zur Stromerzeugung nur im Oberrheingebiet
- ✓ Zahlreiche Daten vorhanden, teilweise in Hinsicht auf geothermische Nutzung neu zu bewerten und zu erheben → 3 D-Modell
- ✓ Südhessen ist mit Erlaubnisfeldern überzogen
 - Zu klären:
 - ? Permeabilitäten, Förderraten, Reinjektionsraten
 - ? Mineralisation (Scalings, Radioaktivität) der Tiefenwässer
 - ? Induzierte Seismizität
 - ? Nutzungskonflikte mit Wassergewinnung, Erdgasspeicherung, Rohstoffgewinnung: Einzelfallprüfung

Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit !

