

Möglichkeiten der geothermischen Nutzung der Bückeberg-Formation im Raum Hannover-Celle

T. Tischner, S. Krug, R. Jatho, J. Orilski

(Ist die hydrothermale Nutzung der Wealden-Sandsteine im Raum nordöstlich von Hannover möglich ?)

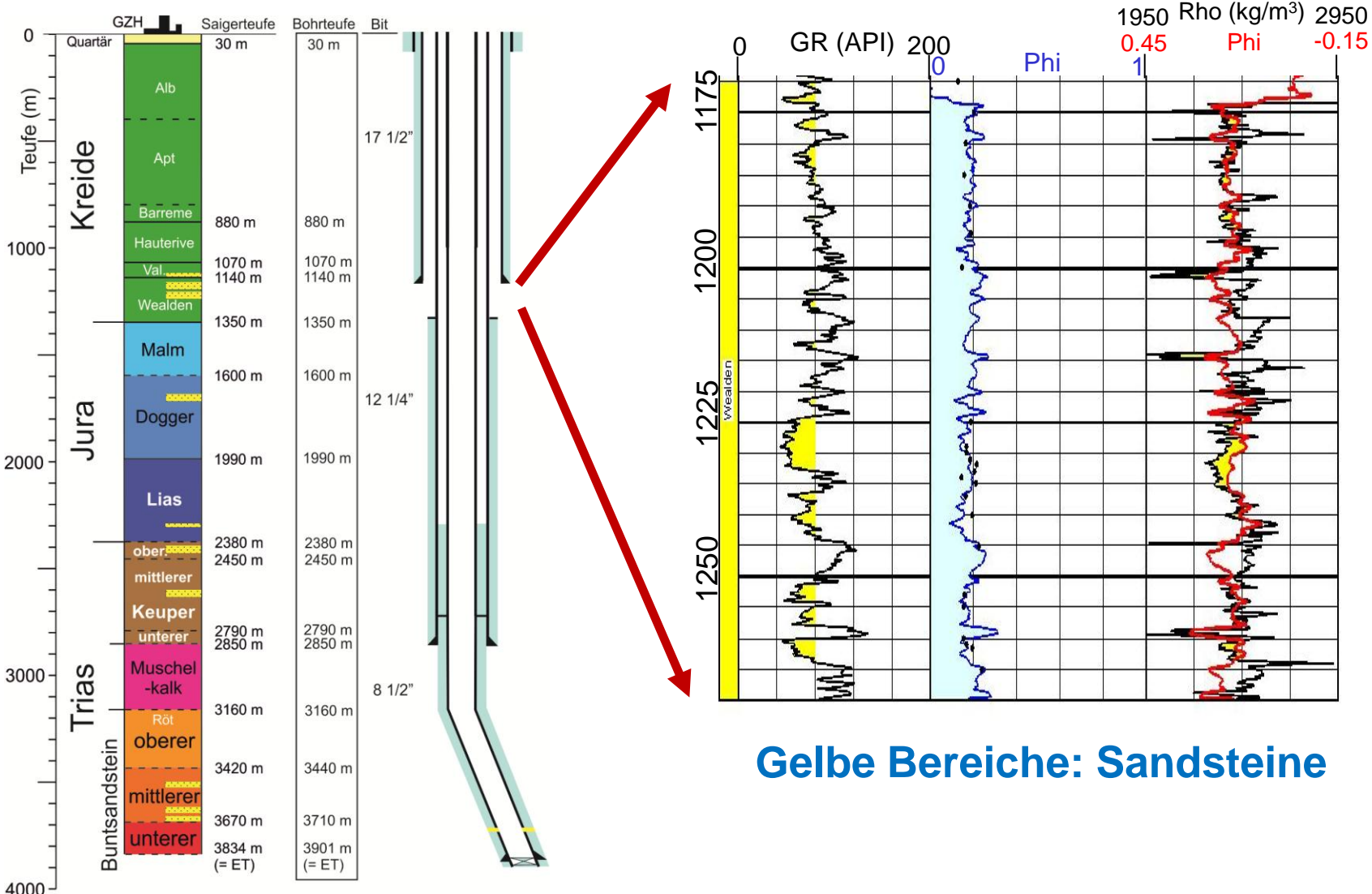
Gliederung

- **Einleitung**
- **Verbreitung**
- **Gesteinseigenschaften /
Temperatur**
- **Erschließung**
- **Energiebilanz**
- **Wirtschaftlichkeit**
- **Zusammenfassung**



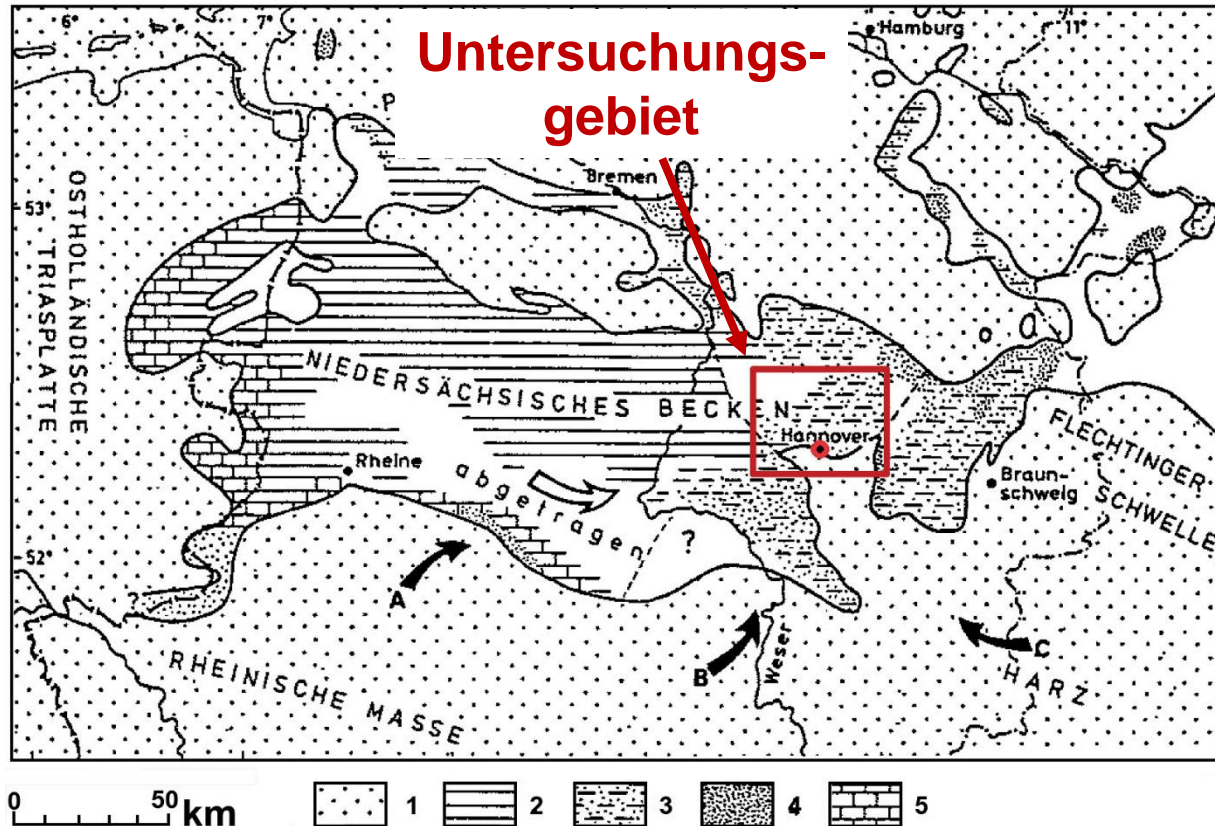
**Basierend auf
GeneSys-Hannover**

Einleitung: Wealden-Sandsteine in der GeneSys-Bohrung



Gelbe Bereiche: Sandsteine

Verbreitung: Niedersächsisches Becken

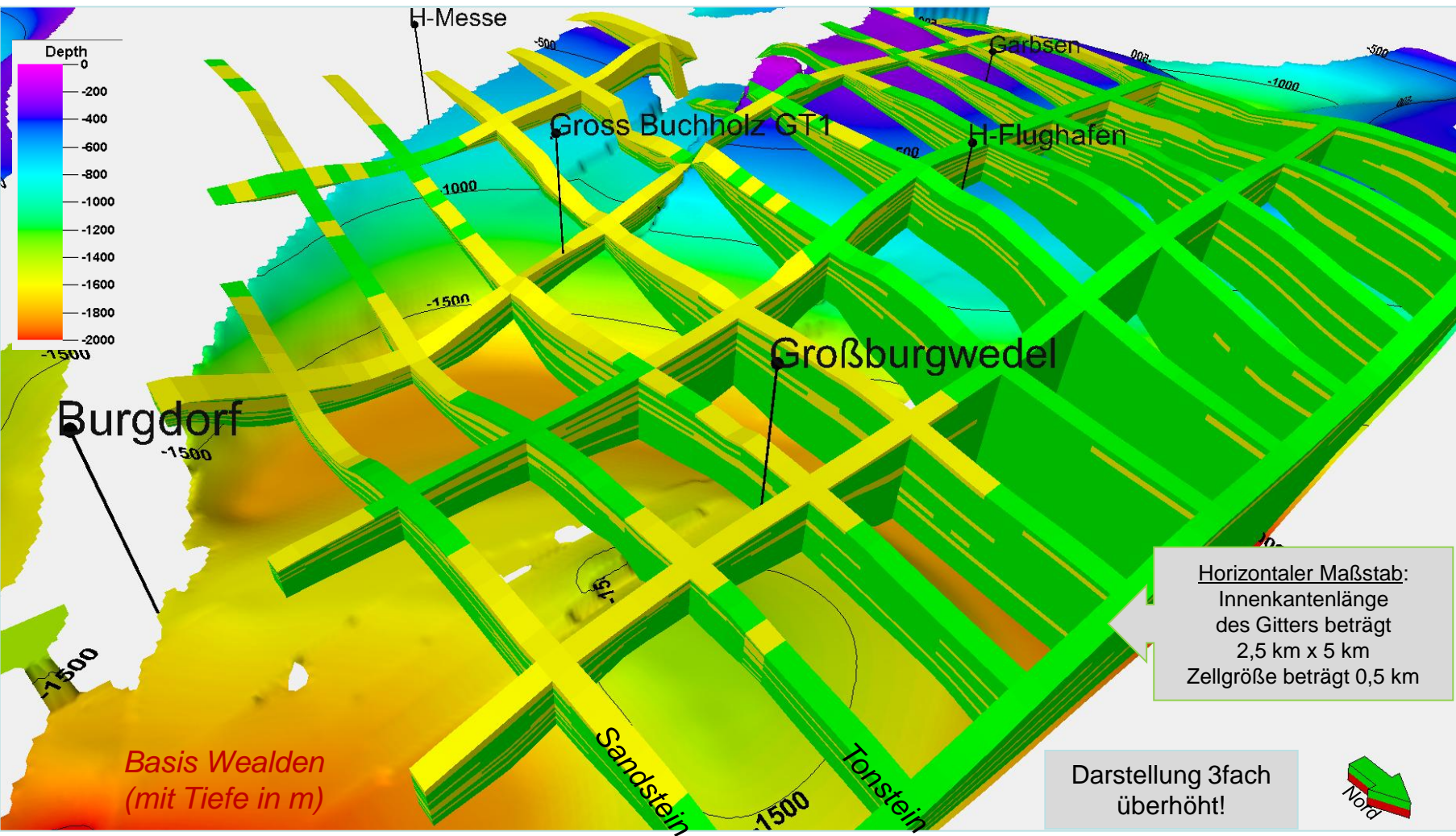


- 1: Festland; 2: Tonsteine; 3: Tonsteine mit sandigen Einschaltungen; 4: Sandsteine dominierend; 5: Karbonatische Sedimente häufig (=Fossilkalke)

Aus Schäfer & Heinig (2012)

Gliederung des Niedersächsischen Beckens (geändert nach Lehmann (1978), basierend auf Kemper (1973) und dem Paläogeographischen Atlas der Unterkreide (Bundesanstalt für Bodenforschung 1969).

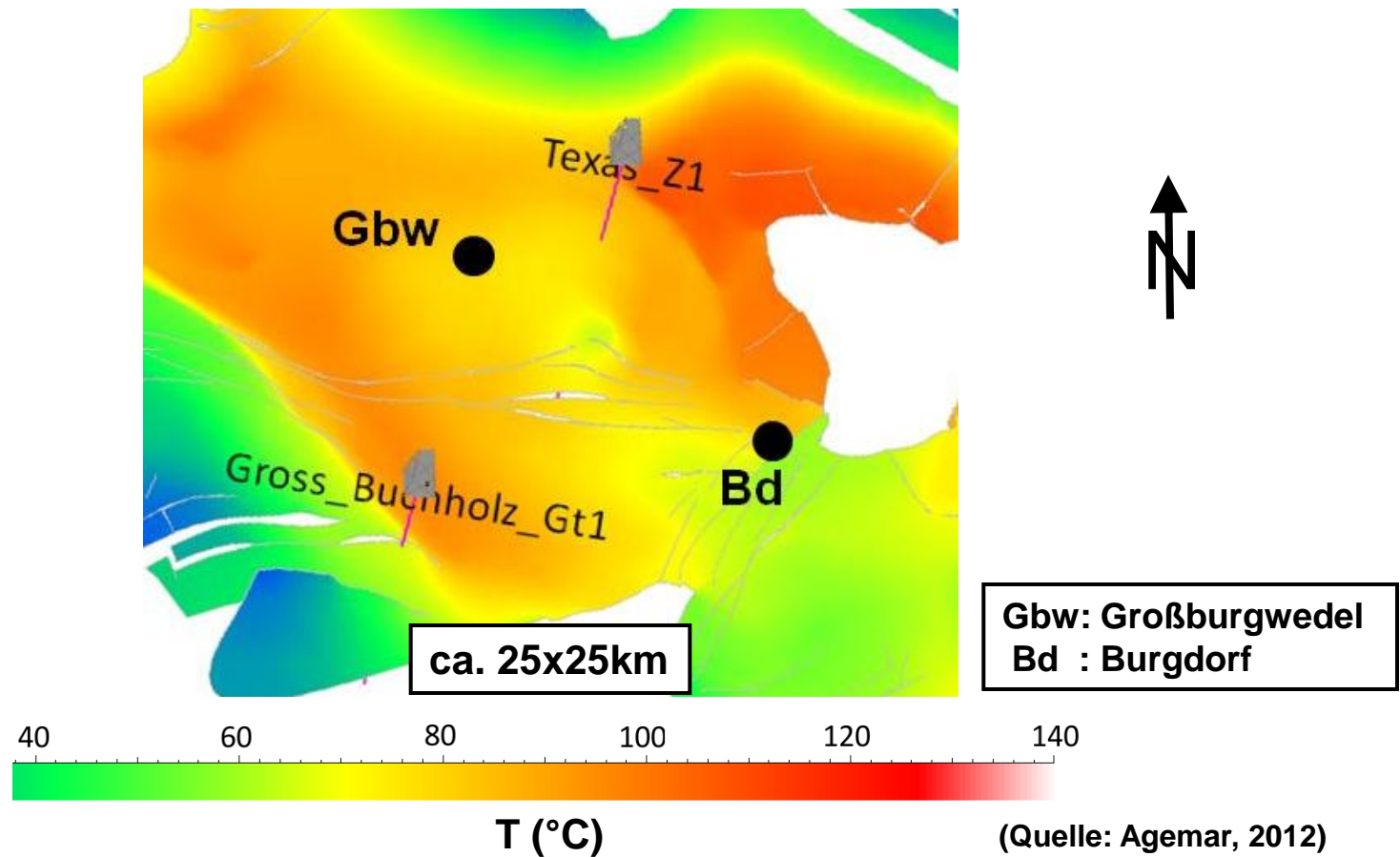
Verbreitung: Wealden-Sandstein im Untersuchungsgebiet



Auswertung von 25 Bohrungen →

- Sandsteine überall vertreten
- lateral wenig korrelierbar

Verbreitung: Temperatur, Basis „Wealden“, NO-Hannover



- erhöhte Untergrundtemperaturen im NO-Hannovers
- regionale heterogene Verbreitung - Salztektonik

Verbreitung: Porosität, Permeabilität

Bohrung	Sandstein- mächtigkeit ¹ (m)	Mittlere Porosität
1	66	21%
2	75	20%
GeneSys	65	18%

(¹: Summarische Sandsteinmächtigkeit: Valendis+Wealden)

Auswertung von 25 Bohrungen im Untersuchungsgebiet:

- nur **3** Bohrungen mit Porositätsangaben
- Permeabilitäten nur von der GeneSys-Bohrung !

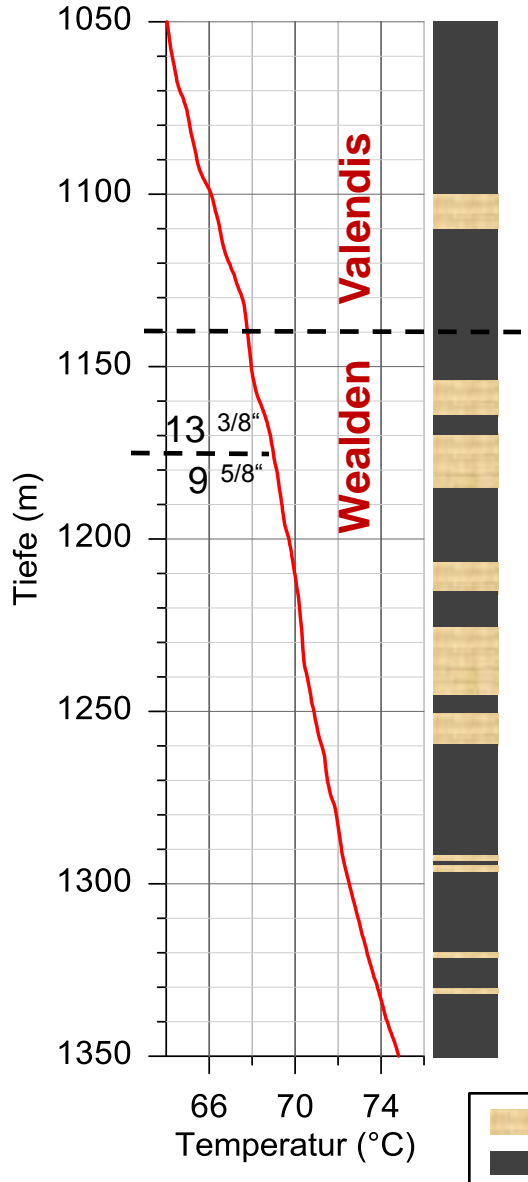


Grundlage für weitere Betrachtungen: **GeneSys-Bohrung !**

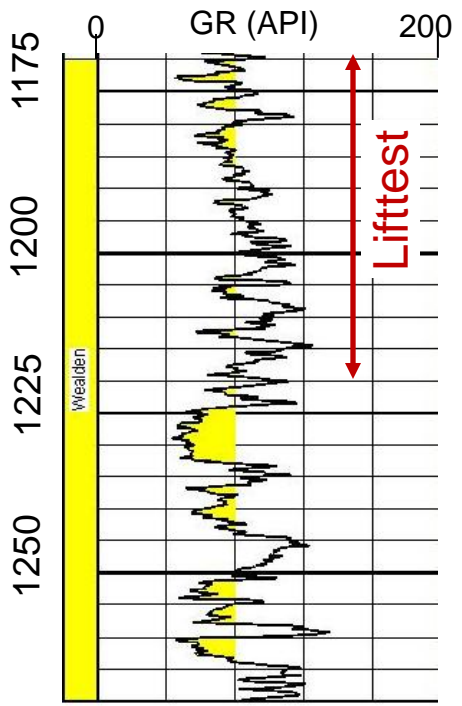
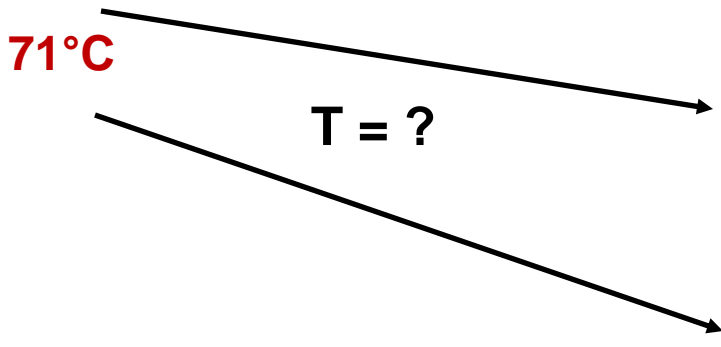
Eigenschaften: Temperatur u. Transmissibilität (Hannover)

Transmissibilität: $T = k \times h$

\swarrow \searrow
 Permeabilität Mächtigkeit
 (D bzw. mD) (m)



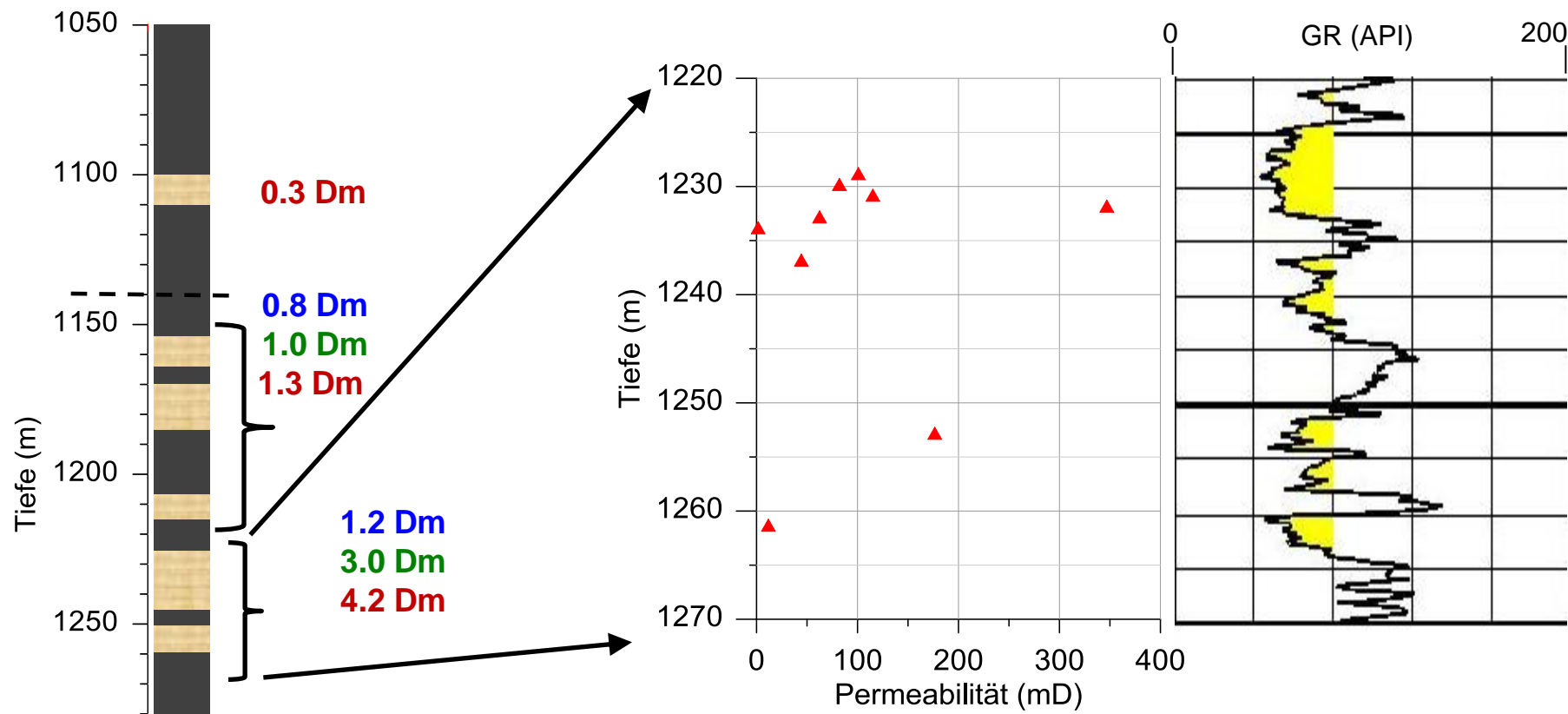
Lifftest+Injektionstest
 $T = kh \approx 1 \text{ Dm}$
 $h_{\text{sandst}} = 35 \text{ m}, k_m \approx 30 \text{ mD}$
 $kh = T = 0.8 - 1.3 \text{ Dm}$



Sandstein
 Tonstein

Mächtigkeiten
 angelehnt an Hübner et al., 2012 und Schäfer & Heinig 2012

Eigenschaften: Transmissibilität



1220 – 1270 m (30m Sandst.):
 Konservativ. : $k = 40\text{mD}$
 Wahrscheinl.: $k = 100\text{ mD}$
 Optimist. : $k = 140\text{ mD}$

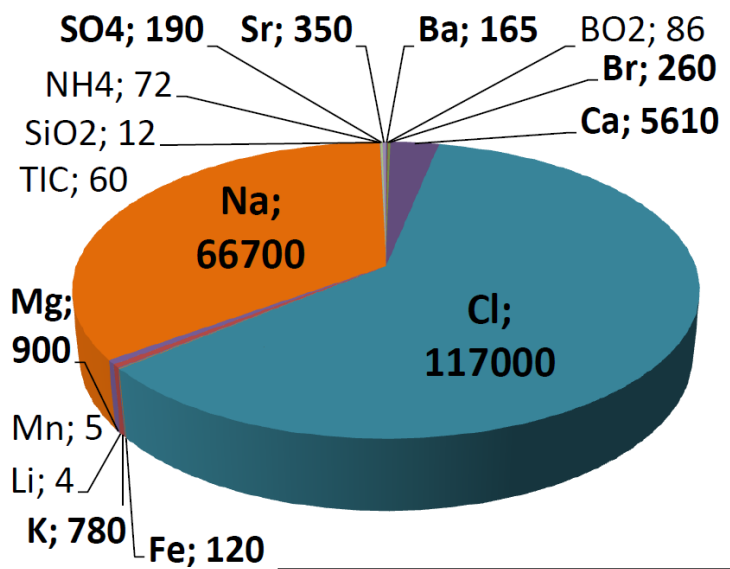


Gesamttransmissibilität:
 Konservativ. : $T_{\text{Ges}} = 2\text{ Dm}$
 Wahrscheinl.: $T_{\text{Ges}} = 4\text{ Dm}$
 Optimist. : $T_{\text{ges}} = 6\text{ Dm}$

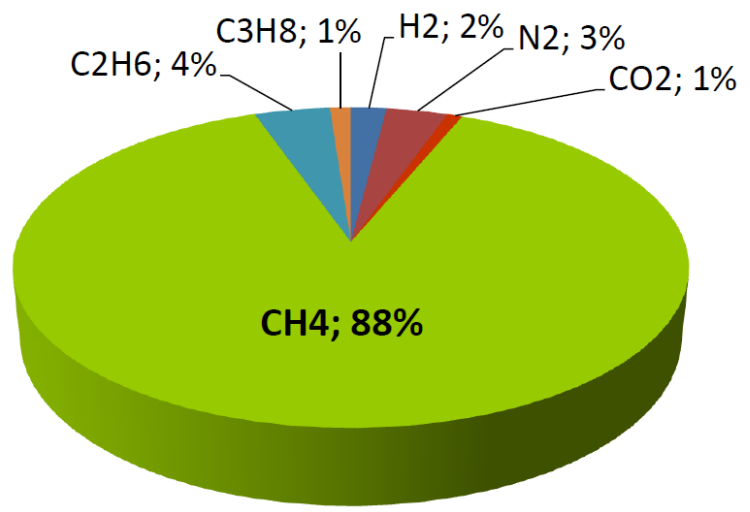
Eigenschaften: Fluidzusammensetzung (Hannover)

Analysen: Lifttest-Hannover, 2009

Wasser:



Gas:



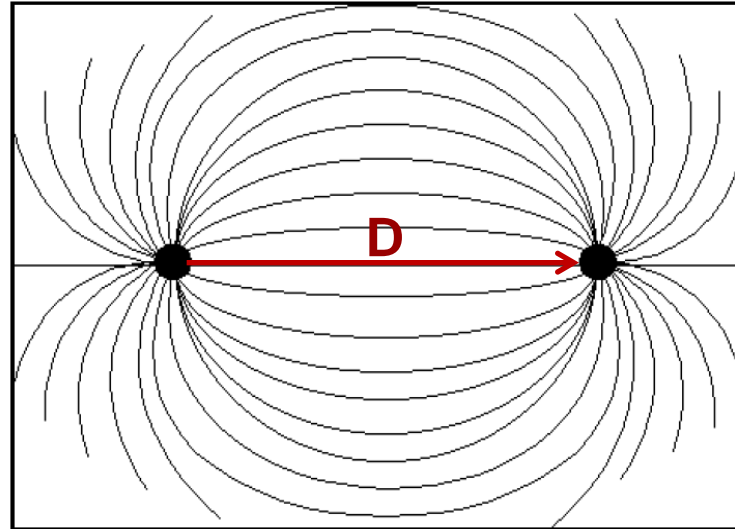
Salinität: ca. 200 g/l (Dichte: 1.13 g/cm³)
Gasgehalt: ca. 25% (hiervon ca. 90% Methan)
Hohe Viskosität !

Formationsfluid:

Anspruchsvoll, aber verfahrenstechnisch beherrschbar !

Erschließung: Dublette im „Wealden“

Injektion:
 $T_{in} \approx 40^\circ\text{C}$
 $\mu = 8,0 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$



Produktion:
 $T_{in} \approx 70^\circ\text{C}$
 $\mu = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Mindestabstand – Konservativ:
(Vermeidung therm. Durchbruch)

$$D = \sqrt{3 \frac{q \cdot t}{\pi \cdot h} \cdot \frac{\rho c_w}{\rho c_a}} \approx 1000 \text{ m}$$

Druckänderung an Bohrung
(stationär)

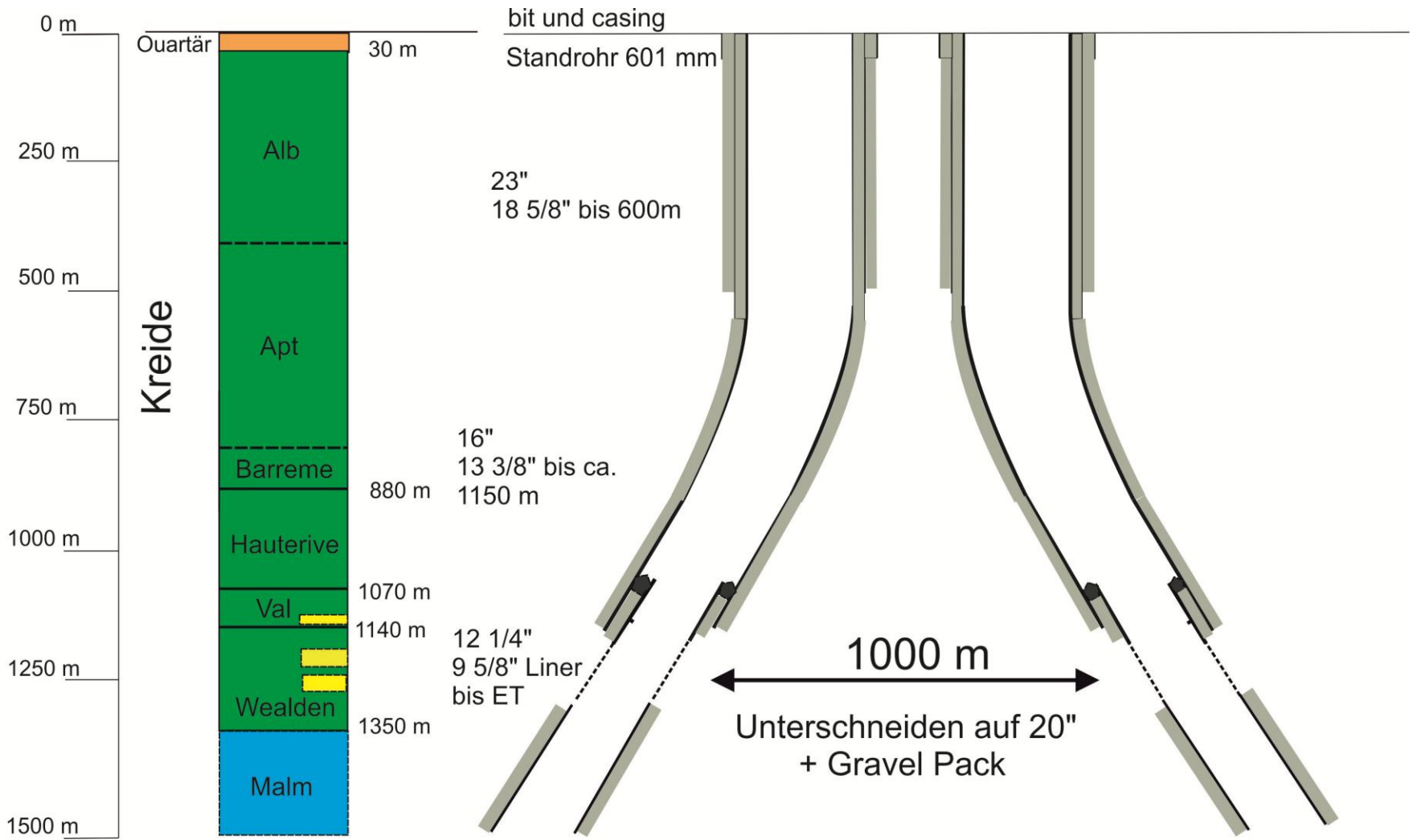
$$\Delta p = \frac{q \cdot \mu}{2\pi \cdot k \cdot h} \cdot \ln\left(\frac{D}{r_w}\right)$$

q : Fließrate (10 – 40 l/s)
t : Zeit, 30 a
h : Mächtigkeit, ca. 50m

$\rho c_{w,a}$: Dichte x Wärmekapazität
(Wasser bzw. Aquifer)
 μ : dyn. Viskosität
 r_w : Bohrungsradius $\approx 0.25\text{m}$ (10“)

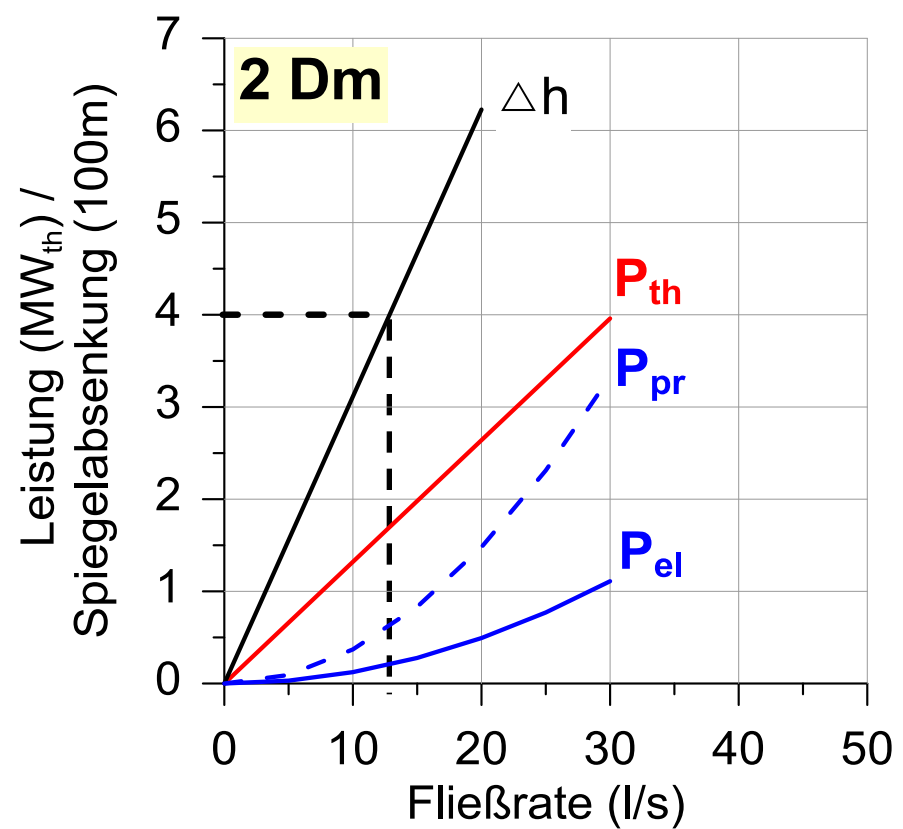
Literatur: z.B. R. Schulz (1987), Rockel & Poppei (1999)

Dublette von einem Bohrplatz



Energiebilanz: stationäre Zirkulation

Konservatives Szenario:



Techn. + energetisches
Limit:
 $\Delta h \leq 400\text{m}$

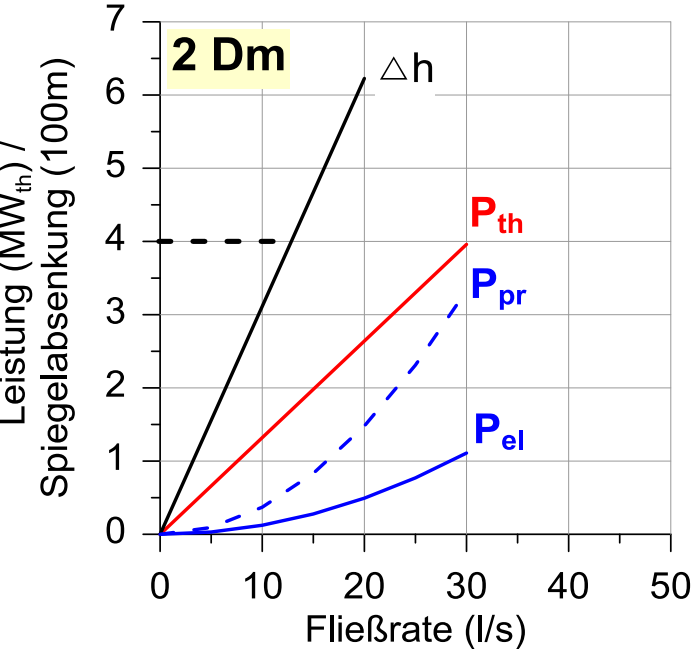


1,7 MW_{th}
(13 l/s, $\Delta T=30\text{K}$)

P_{th} : Thermische Leistung
 Δh : Wasserspiegelabsenkung - Förderbohrung
 P_{el} : Elektr. Leistung, Förder+Injektionspumpe (Effizienz: 0.7)
 P_{pr} : Primärleistung“, Förder+Injektionspumpe (= 3 x P_{el})

Energiebilanz: stationäre Zirkulation

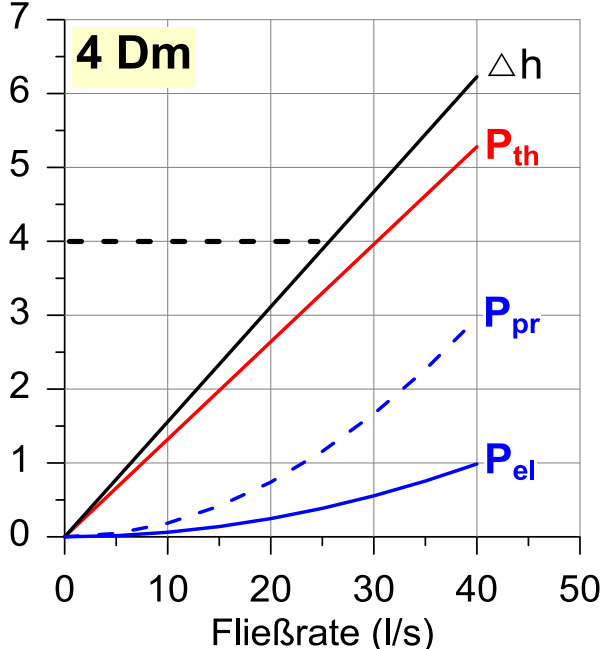
Szenario: konservativ



Limit:
 $\Delta h \leq 400\text{m}$

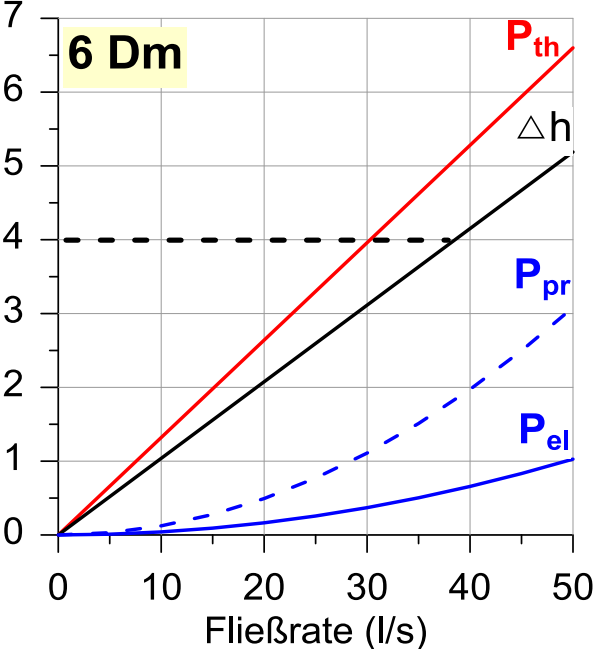
1,7 MW_{th} (13 l/s)

Szenario: wahrscheinlich



3,5 MW_{th} (25 l/s)

Szenario: optimistisch



5,0 MW_{th} (38 l/s)

P_{th} : Thermische Leistung
 Δh : Wasserspiegelabsenkung - Förderbohrung
 P_{el} : Elektr. Leistung, Förder+Injektionspumpe (Effizienz: 0.7)
 P_{pr} : Primärleistung“, Förder+Injektionspumpe (= 3 x P_{el})

Vergleich:
 Wärmebedarf eines
 Einfamilienhauses: ca. 7 kW_{th}
 (Spitzenlast)

Wirtschaftlichkeit: Investitionen - Abschätzung

Position	Nettokosten (Mio. EUR)	Erläuterung
Bohrplatz	1,0	
Bohrungen (2 x)	5,8	1500m abgelenkt, 200t-Bohranlage
Reserve	1,2	20% der Bohrkosten
Förderpumpe	0,3	ca. 200 - 600 kW, bei 70°C
Testarbeiten	0,8	2 Lifttests + Zirkulationstest,...
Obertägige Installat.	1,0	Rohrleitungen, Armaturen,..
Summe	10,0	

Annahmen:

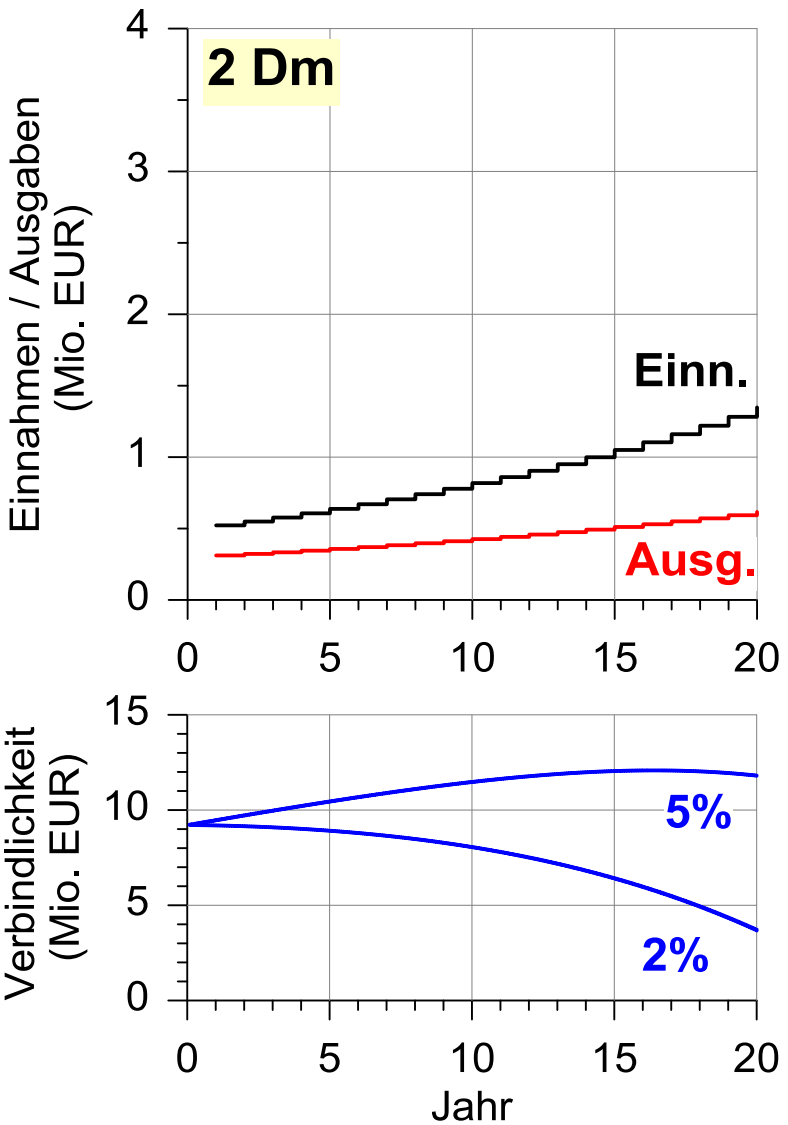
- Geothermische Versorgung für ein bestehendes Wärmenetz/Nahwärme
- Grundlast durch Geothermie, Spitzenlast mit konventioneller Energie

Wirtschaftlichkeit: Parameter - Annahmen

Position/Parameter	Wert	Erläuterung
Investition	10 Mio. EUR	Einmalige Investition
Betriebsstunden	5000 h/a	Volllaststunden für Grundversorgung
Wärmeverkaufspreis	60 EUR/MWh	Netto-Mischpreis
Strompreis	140 EUR/MWh	Netto-Mischpreis
Instandhaltung-obertägig	2 %/a	2 % d. obertägigen Investition (1 Mio. EUR),
Instandhaltung-untertägig	1 %/a	1 % der Bohrungsinvestitionen (7 Mio. EUR))
Verbrauchskosten- Thermalwasserkreislauf	5 ct/m ³	5 ct pro m ³ Thermalwasser: (Entsorgung Rückstände, Filter etc.)
Verwaltungskosten	0.5 %/a	0.5 % der obertäg.+ untertäg. Investition (8 Mio.)
Nutzungsdauer-Pumpe	6a	Abschreibung d. Förderpumpe in 6 Jahren
Preisanstieg: Strom u. Wärme	5 %/a	
Preisanstieg allgemein	2 %/a	Preisanstieg für alle sonstigen Positionen
Zinssatz, Kredit	5 % bzw. 2%	Abhängig v. Förderung (z.B. KfW-Progr. 228)
Bohrkostenzuschuss (KfW)	0,8 Mio. EUR	375 bzw. 500 EUR/m (0,4–1km bzw.1-2,5km)

Wirtschaftlichkeit: Bilanz

Szenario: "konservativ"



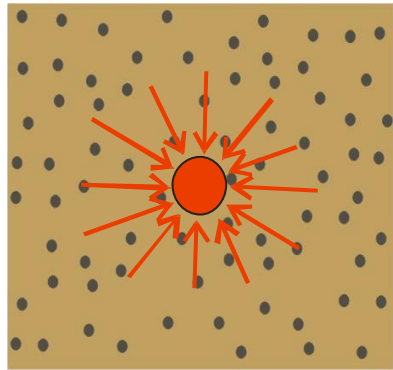
Ausgaben:

- Summe aller laufenden Kosten für Betrieb
- Hauptfaktor: Strom (Pumpe)

Annahme:
Einnahmeüberschüsse werden vollständig zur Tilgung eingesetzt !

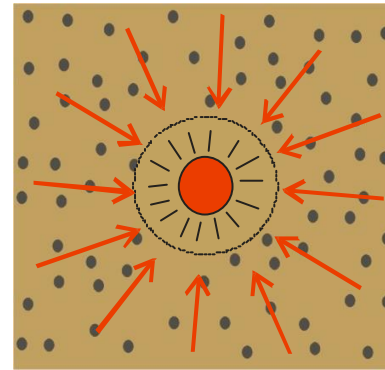
Wirtschaftlichkeit (so) nicht erreichbar !

Stimulation: Wealden-Sandsteine



Stromlinienverengung

**Stimulation
(bohrlochnah)**



**Vergrößerung des
wirksamen Bohrlochradius**

Methoden:

- tiefreichende Perforation (Propellant perforation, Erosionsperforation) !?
- Hydraulic fracturing (kurze hochleitfähige Risse mit Stützmittel) !?
- (Säuerung)

z.B.: Erhöhung des wirksamen Bohrlochradius von 0,2m auf 1m



Steigerung der Fließrate und Einnahmen um 20% !

Zusammenfassung

- Wealden-Sandsteine im NO-Hannover vielfach vorhanden
- Temperatur > 70°C; Direktwärmenutzung möglich
- Gute hydraulische Eigenschaften (Permeabilität/Transmissibilität)
- Bohrtechnische Erschließung als Dublette von einem Bohrplatz machbar
- Geotherm. Wärmeversorgung energetisch sinnvoll
- Wirtschaftlichkeit kann gegebenenfalls erreicht werden
- Stimulation der Bohrungen sollte grundsätzlich Berücksichtigung finden



Konkrete Standortuntersuchungen zur geother. Nutzung der Wealden-Sandsteine sind lohnenswert !

Vielen Dank !