

# Erhöhte Entzugsleistung von Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

## Simulationsstudie

*Dr. Jörn Bartels<sup>1</sup>, Joachim Fritz<sup>2</sup>, Doreen Gehrke<sup>1</sup>, Dr. Wolfgang Wirth<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Geothermie Neubrandenburg GmbH, Seestraße 7a, 17033 Neubrandenburg

<sup>2</sup> Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Stilleweg 2, 30655 Hannover

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

- a. Fragestellung/Motivation
- b. Überblick Gesamtstudie
- c. Modellbeschreibung für Simulation der Entzugsleistung
- d. Resultate der Simulation
- e. Bewertung des energetischen Potentials

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

*„Salzstockhochlage“:*

*Salzstöcke die mit ihrem „Salzhut“ weniger als 200 m unter der Erdoberfläche stehen.  
Allein in Niedersachsen sind mehr als 80 solcher Salzstockhochlagen bekannt.*

**Besondere geothermische Charakteristik:**

- verglichen mit anderen Sedimentgesteinen, sehr hohe Wärmeleitfähigkeit des Salzes
  - typische Temperaturanomalien im Umfeld von Salzstrukturen:  
über und im oberen Bereich der Struktur ist die Temperatur höher,  
unter und im unteren Bereich der Struktur dagegen niedriger,  
als in vergleichbaren Tiefen ohne Salzstrukturen

**Ansatz:**

Kombination von oberflächennahen (bis 400 m Tiefe) und mitteltiefen (bis 1000 m Tiefe)  
Erdwärmesonden mit einer Salzstockhochlage

? Wie wird die thermische Entzugsleistung solcher Erdwärmesonden  
durch die Salzstruktur beeinflusst ?

...

## 2 Bohrungen

- 2.1 Bohrungskonzept (Aufschluss, Komplettierung, Ablauf) nach geologischer Vorgabe
- 2.2 Druckverlustberechnungen
- 2.3 Kostenschätzung Bohrungen

## 3 Simulation der nachhaltigen Entzugsleistung für Varianten (geologisch, Betrieb) (dieser Vortrag)

## 4 Wirtschaftlichkeitsbewertungen für die Varianten

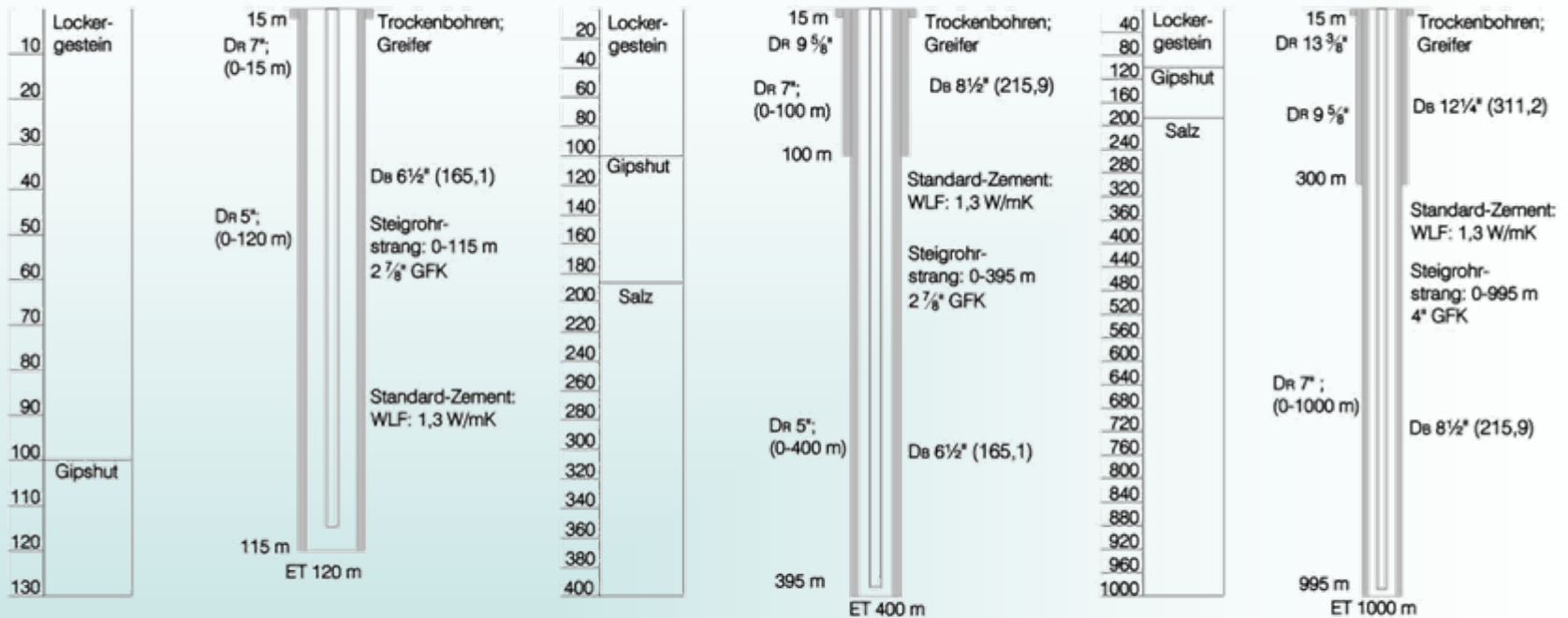
(Auslegung Wärmepumpe, Bohrungskosten, Kapitalkosten, Verbrauch und Wartung, ...)

...

- 4.2 Ergebnisse (Spezifische Wärmekosten in Ct/kWh)
  - 4.2.1 Heizungsvorlauftemperatur 50 °C
  - 4.2.2 Heizungsvorlauftemperatur 35 °C

...

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



DB = Durchmesser, Bohrloch, DR = Durchmesser, Verrohrung, WLF = Wärmeleitfähigkeit

a)

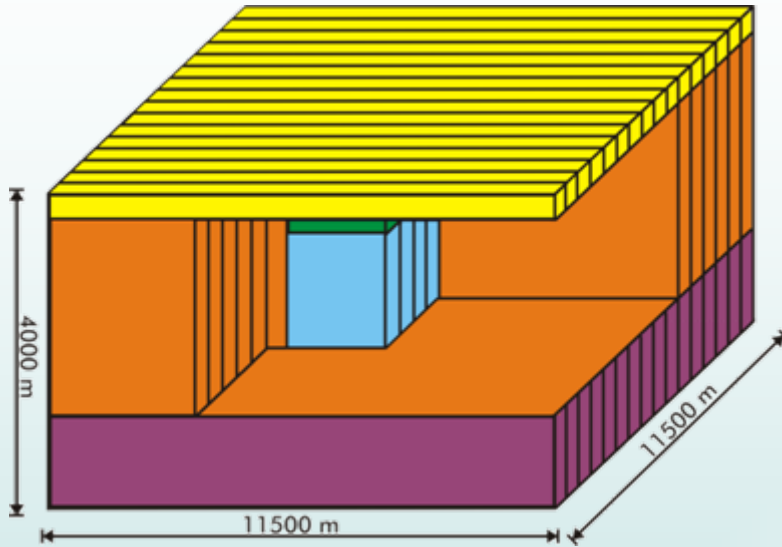
b)

c)

Bohrlochkonstruktionen für die Sonden bis 200 m Länge (a), bis 400 m Länge (b) und bis 1000 m Länge (c) für die Variante mit 100 m Salzstockabdeckung

Angepasste Konstruktion der Koaxialsonde

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



## 3 Varianten

Temperaturfeld 1 (ohne Salzstock, Referenzsituation)

Temperaturfeld 2 (Salzstock mit 100 m Überdeckung und 85 m Gipshut)

Temperaturfeld 3 (Salzstock mit 200 m Überdeckung und 85 m Gipshut)

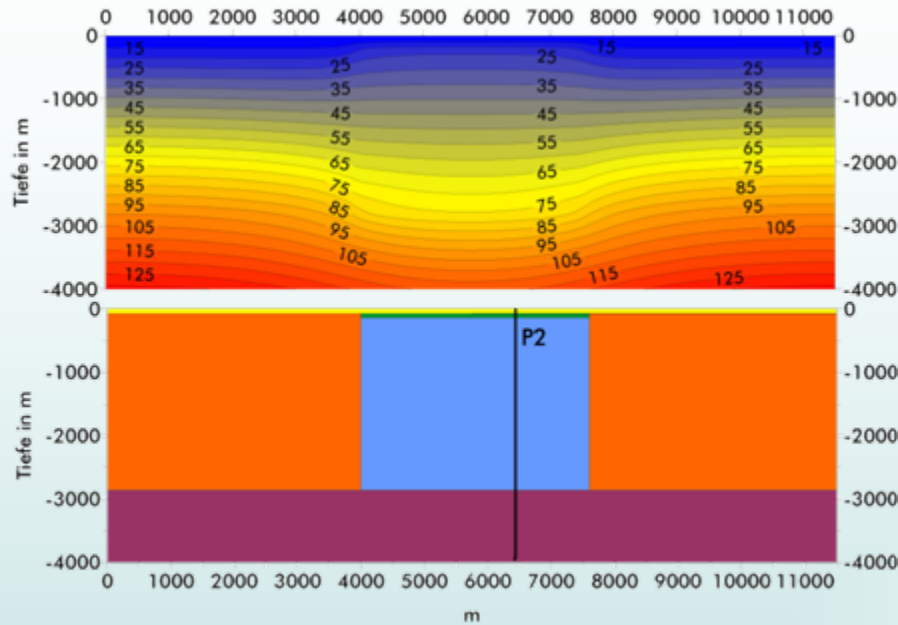
## Schematischer Aufbau des 3-dimensionalen Modells:

17 Vertikalschichten

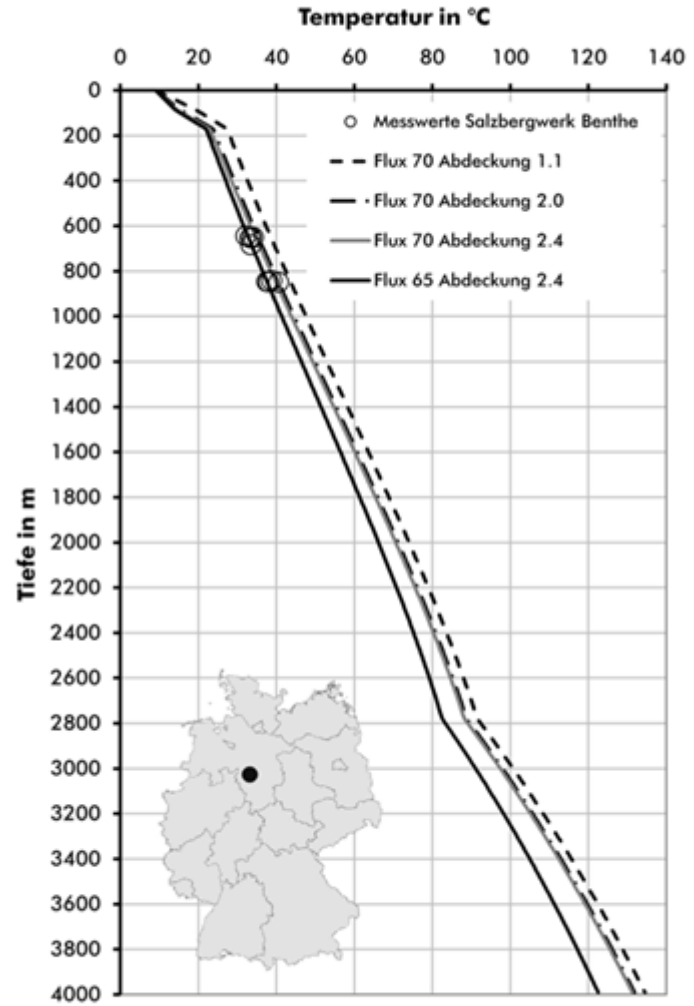
- känozoischen Sedimenten (gelb),
- mesozoischen Sedimenten (orange),
- permokarbonischen Gestein (violett),
- Gipshut (grün),
- Zechstein (Salzstock, blau)

Berechnung des initialen Temperaturfelds (Simulator: FEFLOW)

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

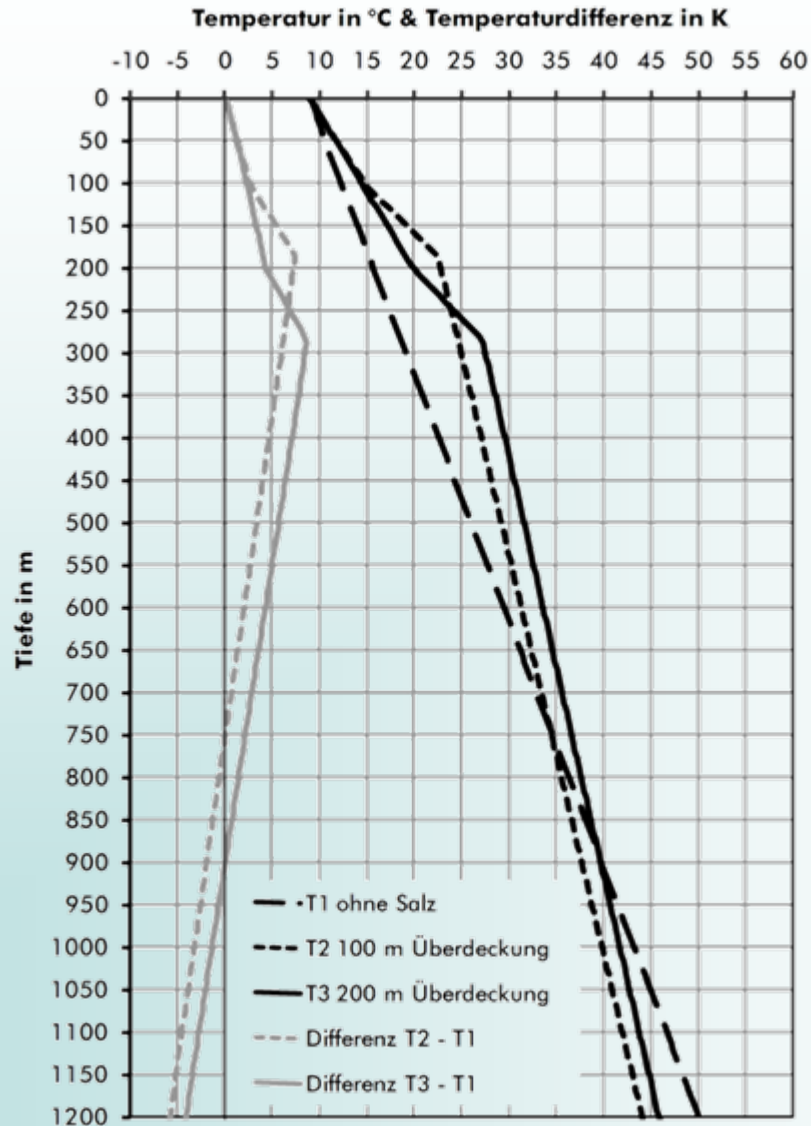


Schnitt durch das Zentrum des simulierten 3D-Temperaturmodells des Salzstocks Benthe (oben) und Verteilung der Wärmeleitfähigkeit im Modell (unten)



Modellkalibrierung Salzstockmodell

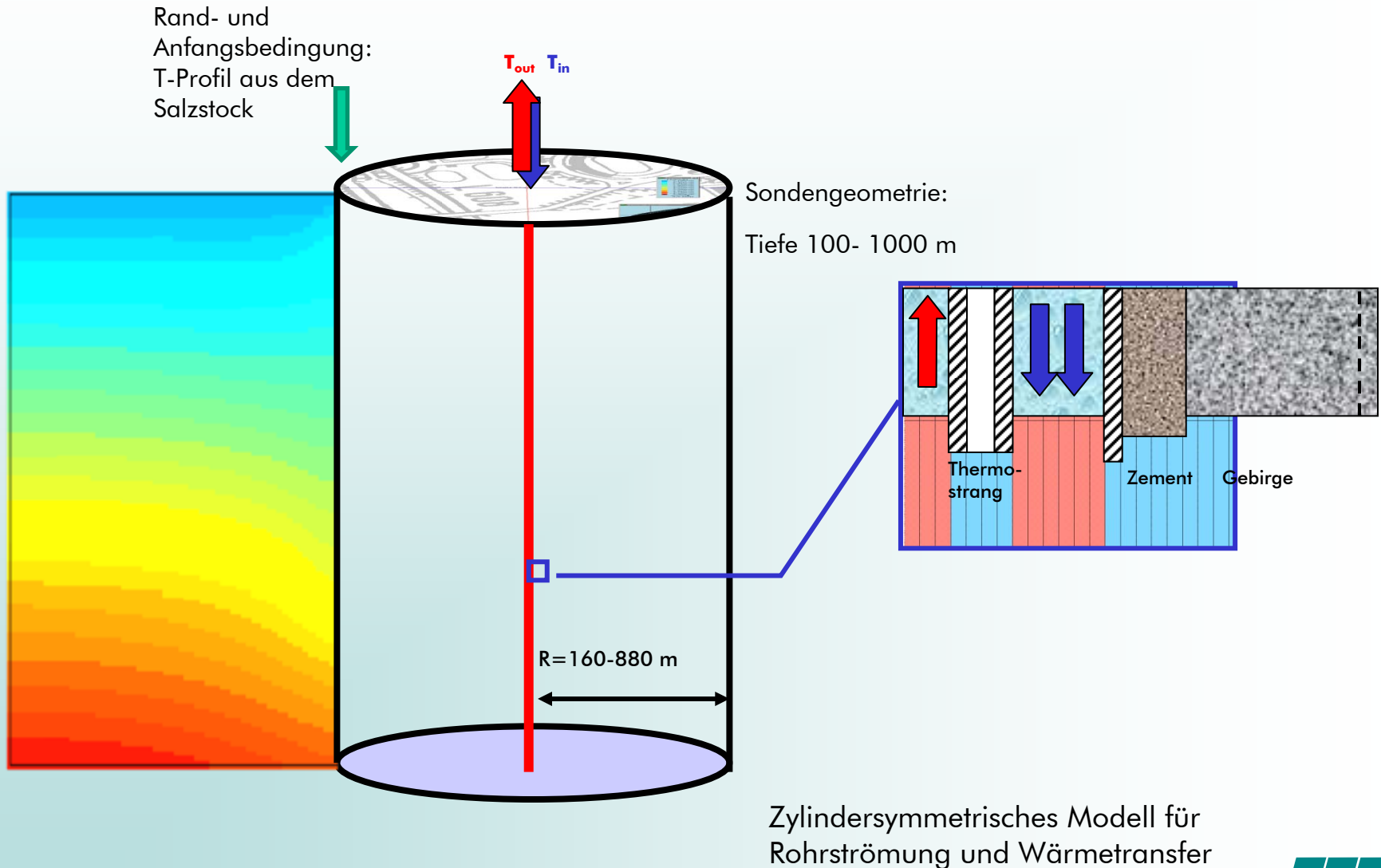
# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



Temperaturprofile für das Sondenmodell

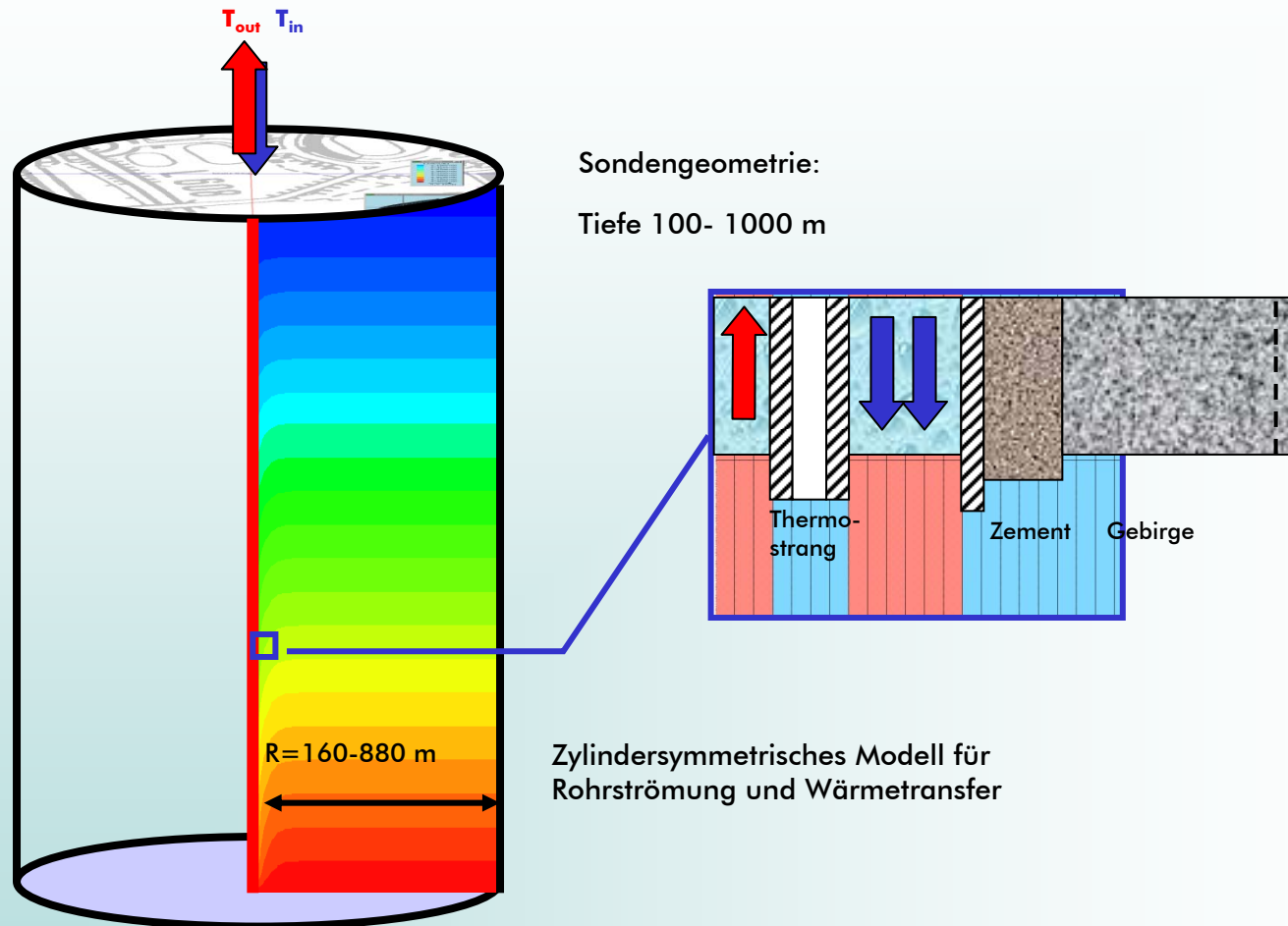


# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



Sondenmodell (Simulator: SHEMAT)

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



Sondenmodell (Simulator: SHEMAT)

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

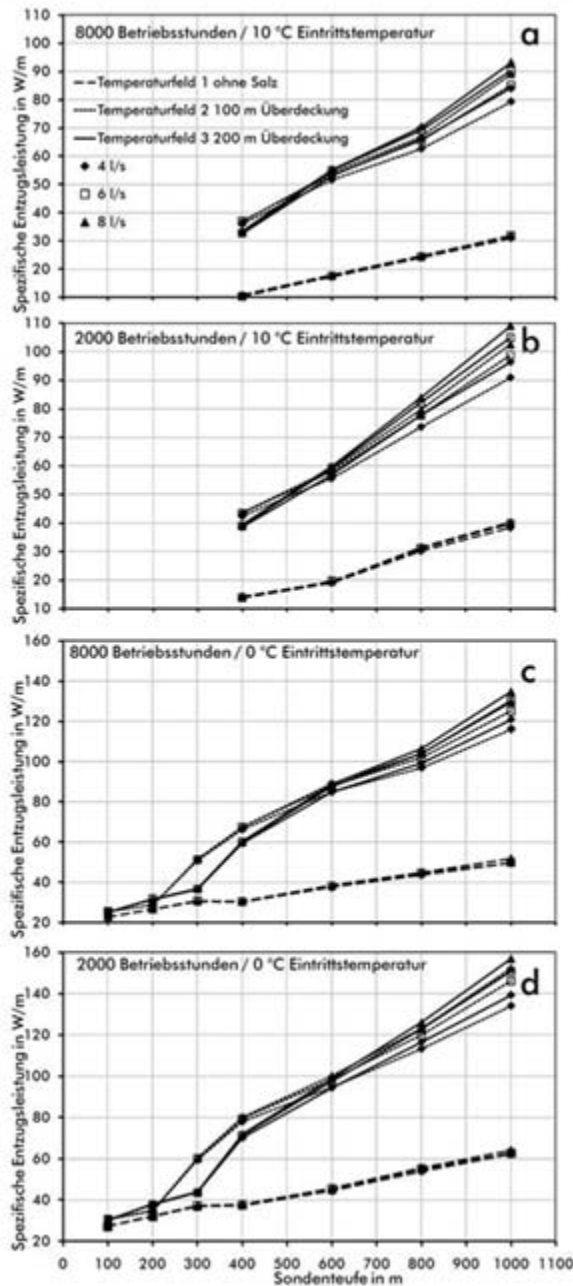
Sondenteufe	100 m – 1000 m
Temperaturfelder	T1, T2 und T3
Eintrittstemperaturen in die Erdwärmesonde	0 °C (+ Frostschutz), 5 °C und 10 °C
Umwälzmengen in der Erdwärmesonde	4, 6 und 8 l/s
Vollbenutzungsstunden	2000 und 8000 Stunden/Jahr
Heizungsvorlauftemperaturen	35 °C und 50 °C

*Anmerkung: An zwei Stellen wurde eine Annahmen getroffen, die dazu führt, dass die Ergebnisse als Maximalabschätzung für die in Salzstöcken erreichbare Steigerung der Entzugsleistung zu interpretieren sind:*

- tendenziell niedrige Wärmeleitfähigkeiten im umgebenden Gestein aus dem möglichen Werteintervall*
- Verwendung eines Temperaturprofils aus der Mitte des Salzstockes*

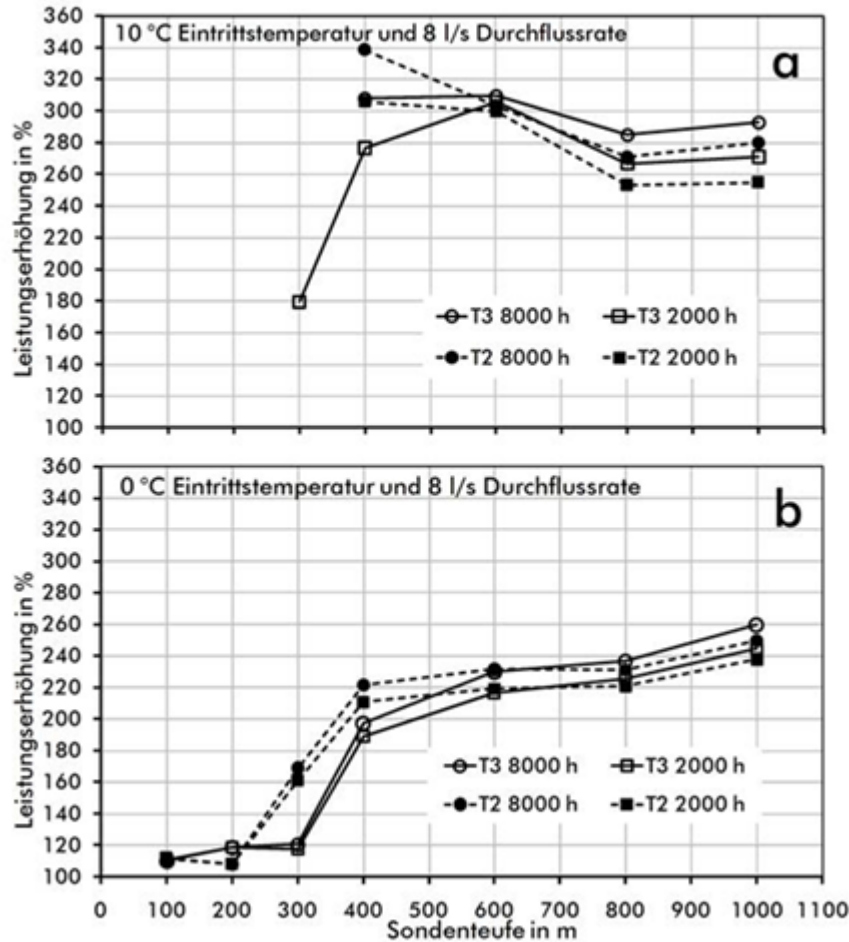
Simulierte Varianten

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



Spezifische Entzugsleistungen nach 10 Betriebsjahren als Funktion der Sondentiefe, Durchflussrate und Überdeckungsmächtigkeit für verschiedene Anzahl der jährlichen Betriebsstunden (2000 h (b, d) und 8000 h (a, c)) bei einer Sondeneintrittstemperatur von 10 °C (a, b) und 0 °C (c, d)

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



Steigerung der spezifischen Entzugsleistung durch den Salzstock als Funktion der Sondenteufe

für verschiedene Jahresbetriebsstunden (2000 h, 8000 h) und Überdeckungsmächtigkeiten (T2=100 m, T3=200 m) bei einer Sondeneintrittstemperatur von 10 °C (a) und 0 °C (b)

ohne Salzstock = 100 %

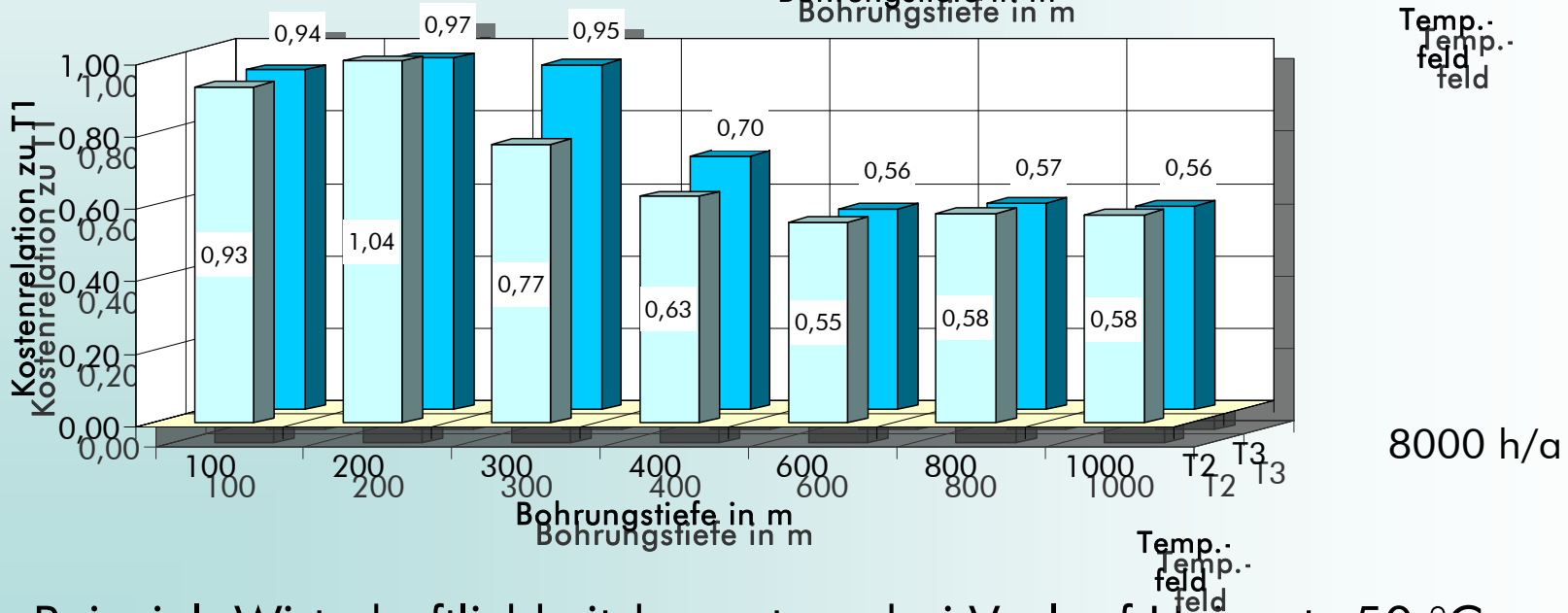
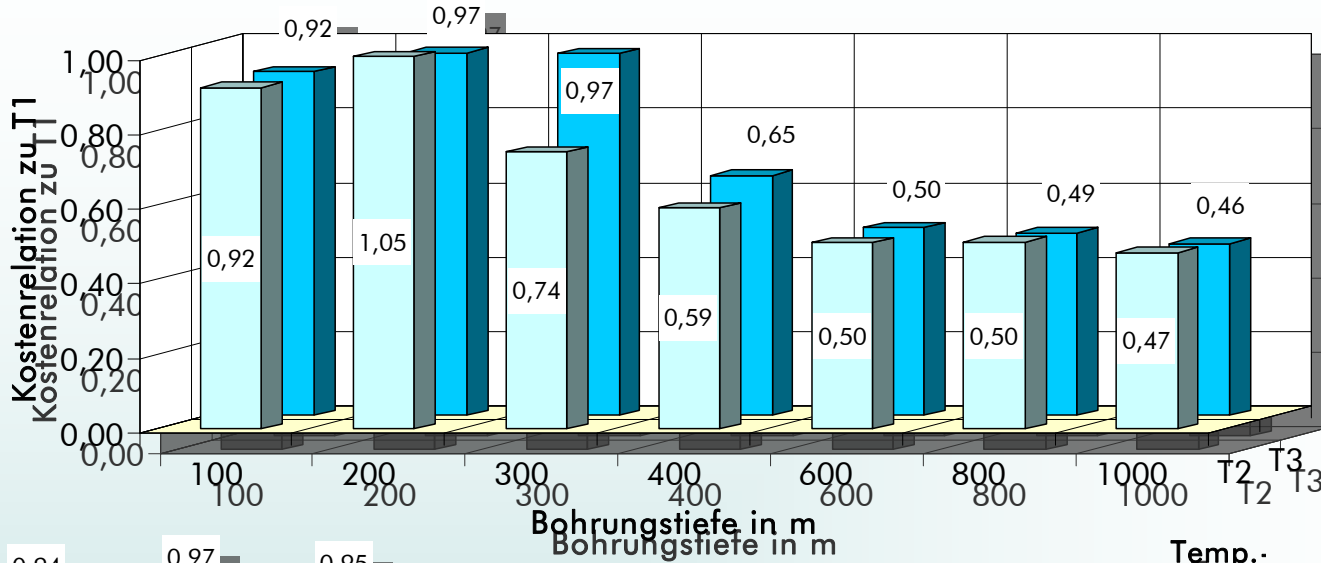
# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

	Temperaturprofil T1 ohne Salzstock	Temperaturprofil T3 mit Salzstock	Temperaturbedingte Steigerung
WLF in Salzstockzone 1,9 W/m/K	56 W/m	76 W/m	+ 36 %
WLF in Salzstockzone 5,7 W/m/K	112 W/m	126 W/m	+ 13 %
WLF-bedingte Steigerung	+ 100 %	+ 66 %	

Ursachen für Leistungssteigerung

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

2000 h/a



8000 h/a

Beispiel: Wirtschaftlichkeitsbewertung bei Vorlauf Heiznetz 50 °C

# Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

1. Bei Erdwärmesonden ab einer Teufe von 400 m ist mindestens von einer Verdoppelung der spezifischen Entzugsleistung auszugehen, wenn sie in einer Salzstockhochlage errichtet werden.
2. Bei einer günstigen Kombination von Sondenteufe und Mächtigkeit der Salzstockabdeckung erreicht man mit Sonden im Salzstock, eine Verdreifachung der spezifischen Entzugsleistung.
3. Bei flachen Sonden oberhalb des Salzes oder nur knapp darin führt die Summe aus dem negativen Einfluss der geringen Wärmeleitfähigkeit des Gipssteins und dem positiven Einfluss der (bis an die Oberfläche reichenden) Temperaturanomalie zu einer stark teufen- und überdeckungsabhängigen spezifischen Leistung der Sonde. Generell überwiegt hier der positive Effekt mit etwa 10 % Leistungssteigerung nur geringfügig.
4. Die Simulationsrechnungen zeigen damit, dass sich in Salzstockhochlagen für mitteltiefe Sonden energetisch äußerst günstige Konstellationen ergeben können.
- 
5. Im konkreten Fall ist eine Standortstudie mit tatsächlicher Salzstockgeometrie, Sondenposition und Bedarfswerten zur optimalen Sondendimensionierung unverzichtbar.

*nachzulesen auch in : Z. dt. Ges. Geowiss., 161/4, Dezember 2010*