

Erhöhte Entzugsleistung von Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

Simulationsstudie

Dr. Jörn Bartels¹, Joachim Fritz², Doreen Gehrke¹, Dr. Wolfgang Wirth²

¹ Geothermie Neubrandenburg GmbH, Seestraße 7a, 17033 Neubrandenburg

² Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Stilleweg 2, 30655 Hannover

- 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)

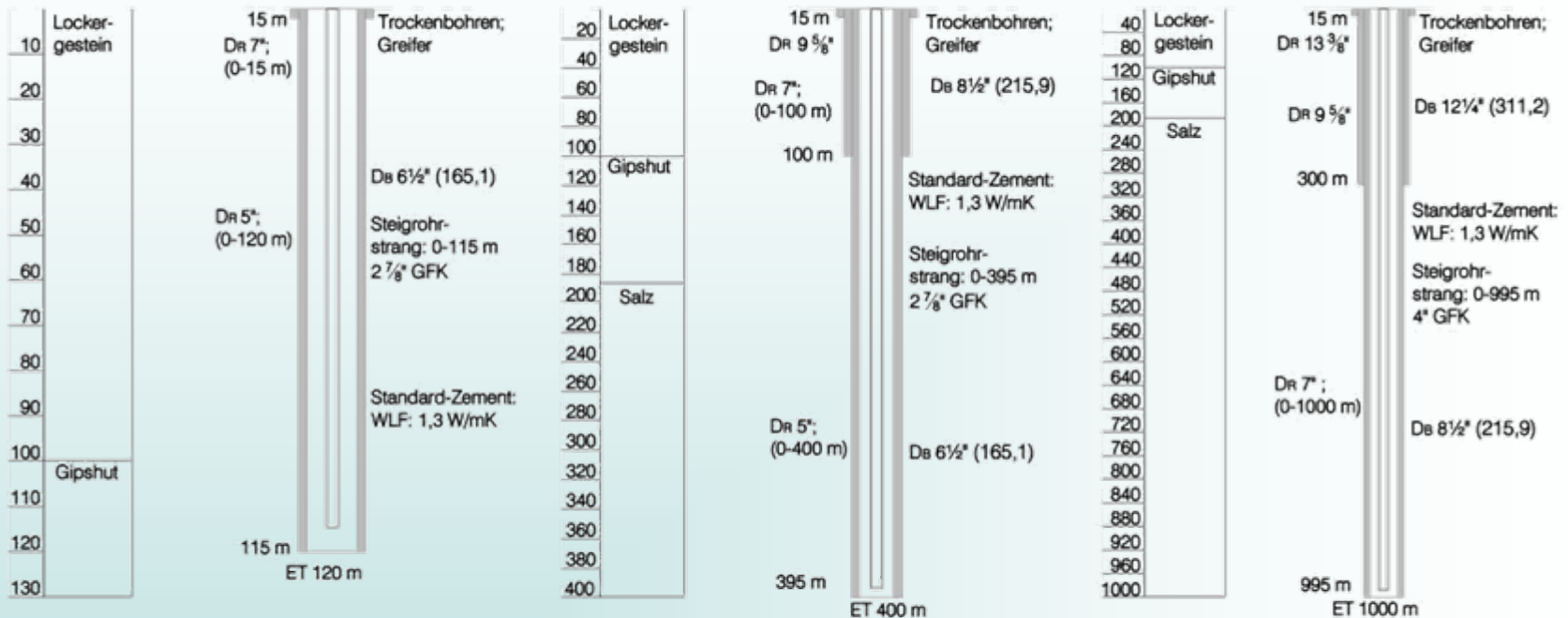
4 Wirtschaftlichkeitsbewertungen für die Varianten (Auslegung Wärmepumpe, Bohrungskosten, Kapitalkosten, Verbrauch und Wartung, ...)

...

- 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)

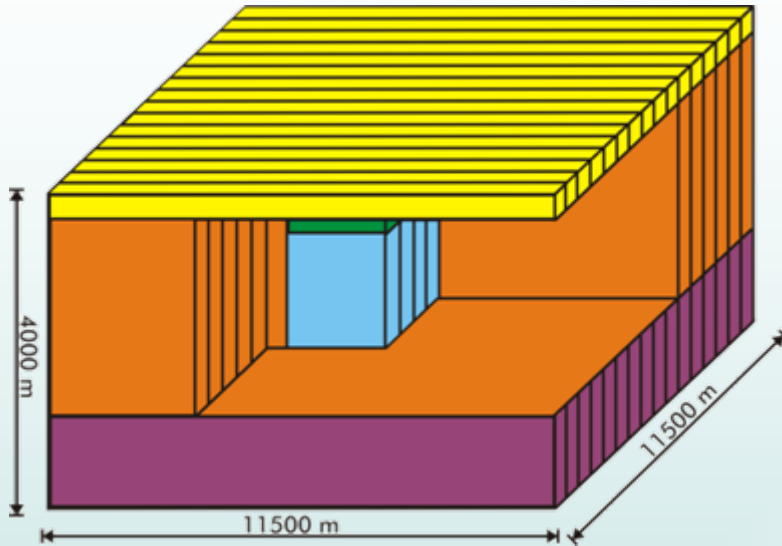
b)

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 Gipschut)

Temperaturfeld 3 (Salzstock mit **200 m** Überdeckung und 85 m Gipschut)

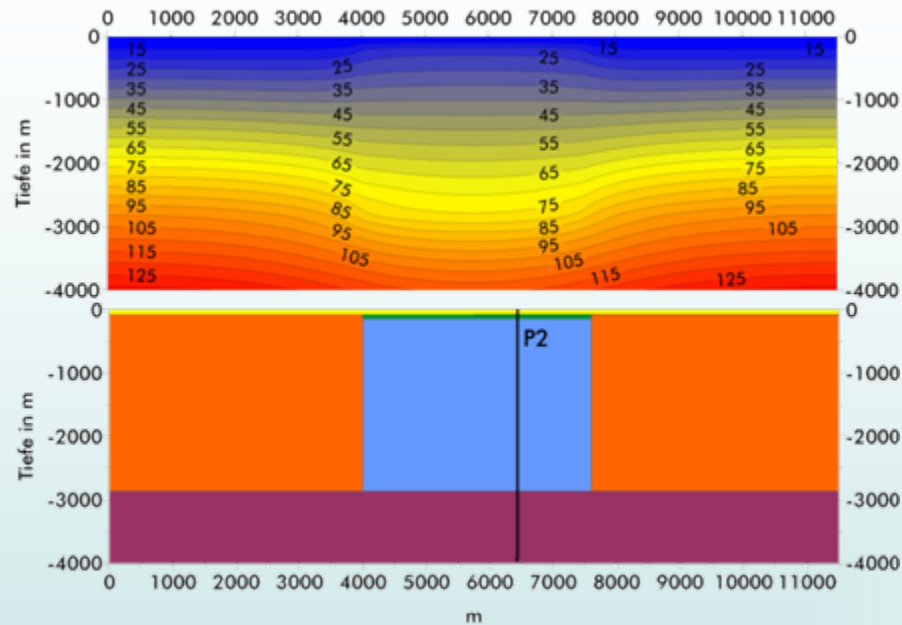
Schematischer Aufbau des 3-dimensionalen Modells:

17 Vertikalschichten

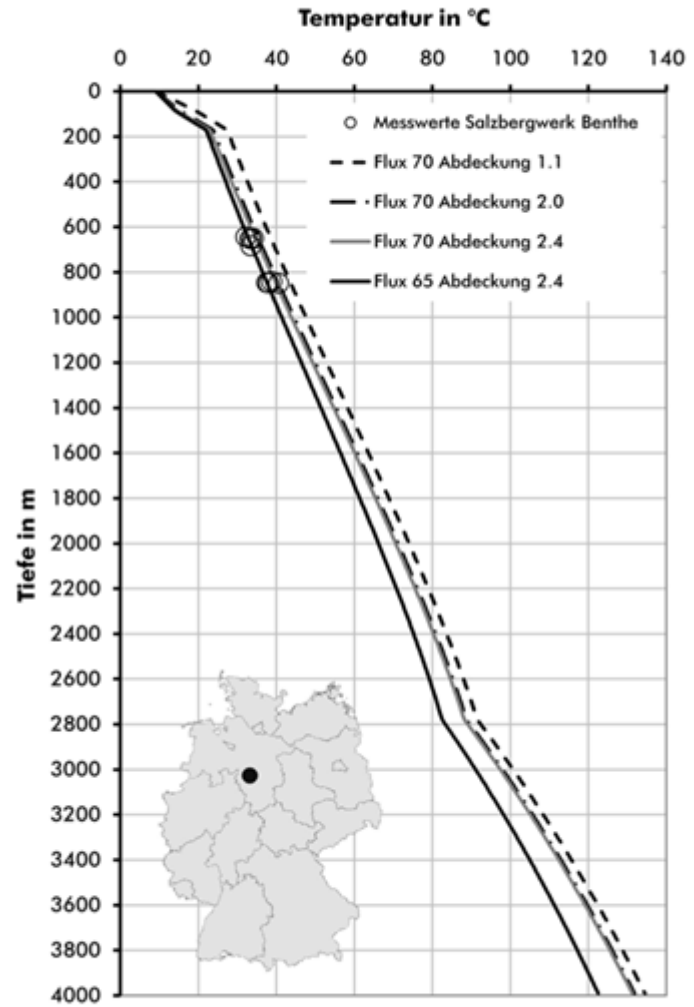
- känozoischen Sedimenten (gelb),
- mesozoischen Sedimenten (orange),
- permokarbonischen Gestein (violett),
- Gipschut (grün),
- Zechstein (Salzstock, blau)

Berechnung des initialen Temperaturfelds (Simulator: FEFLOW)

Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

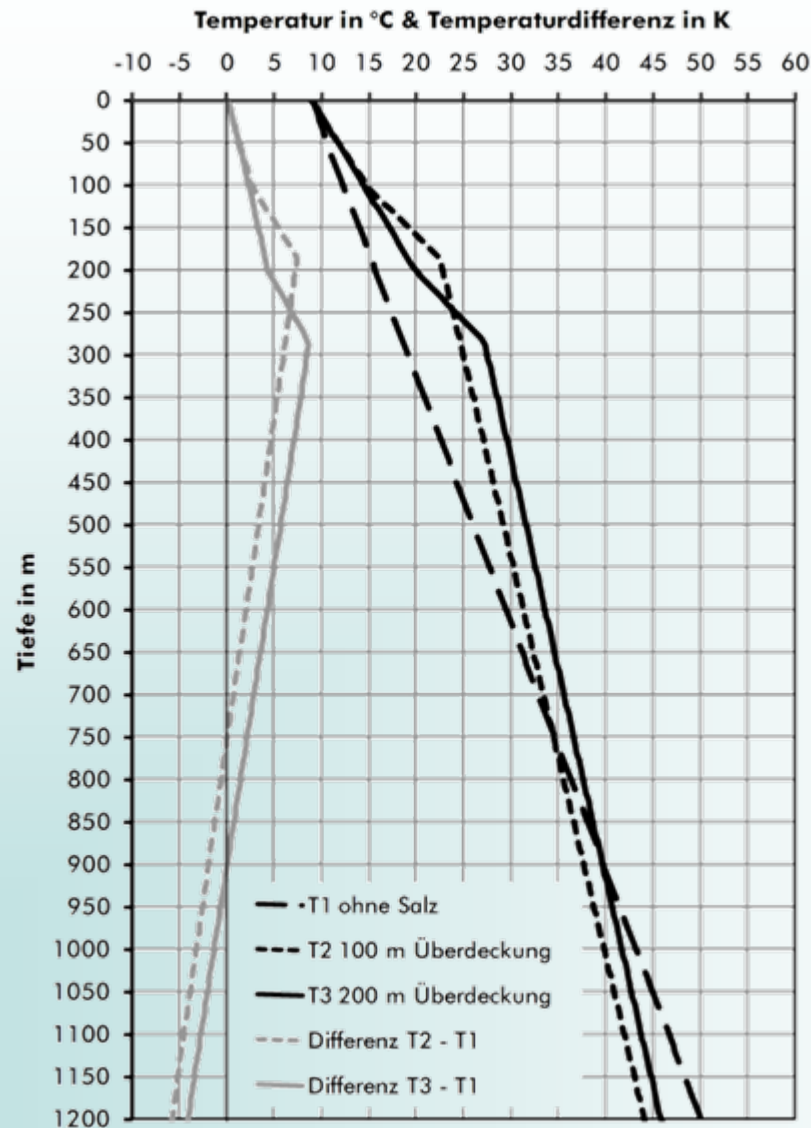


Schnitt durch das Zentrum des simulierten 3D-Temperaturmodells des Salzstocks Benthe (oben) und Verteilung der Wärmeleitfähigkeit im Modell (unten)



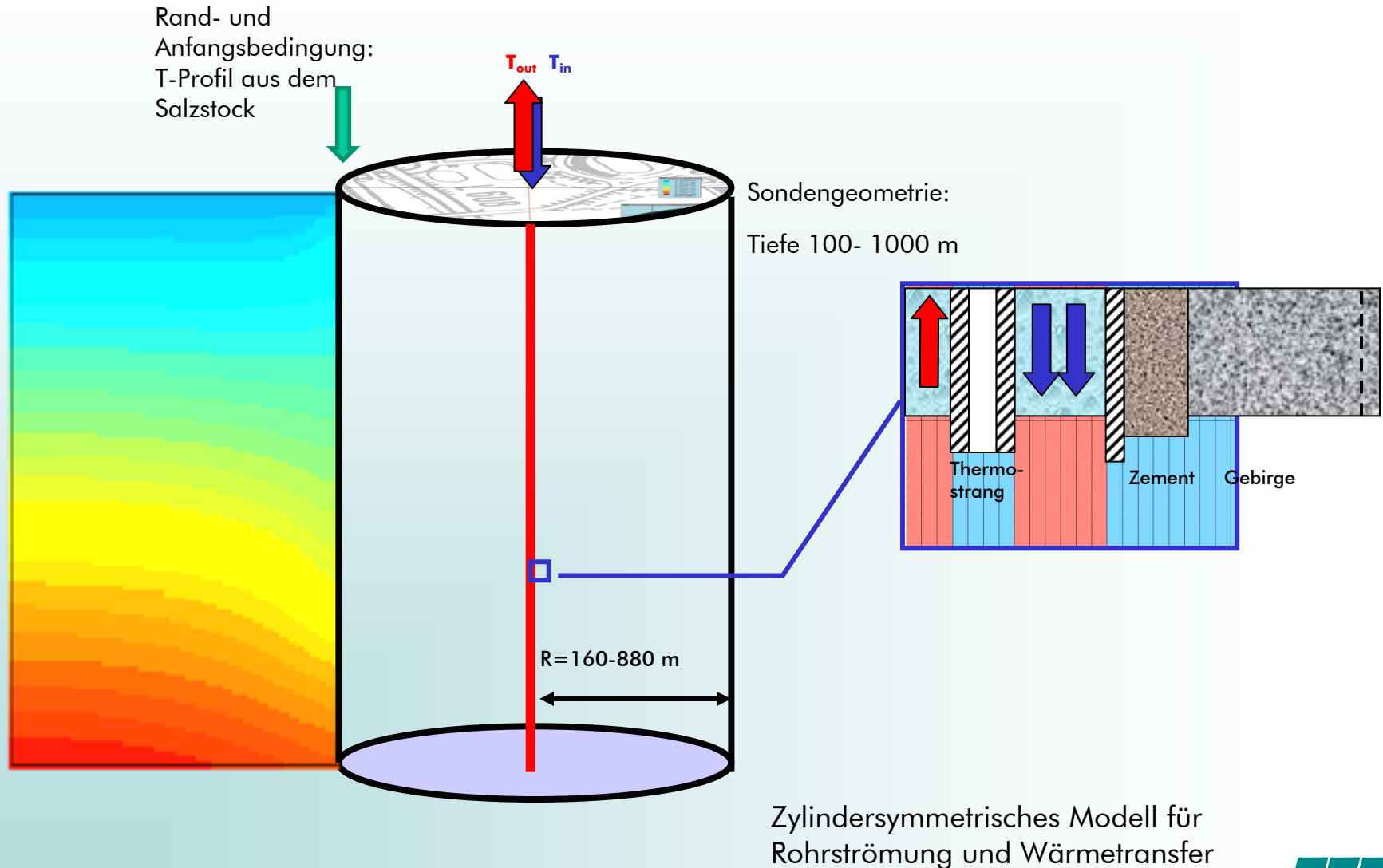
Modellkalibrierung Salzstockmodell

Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



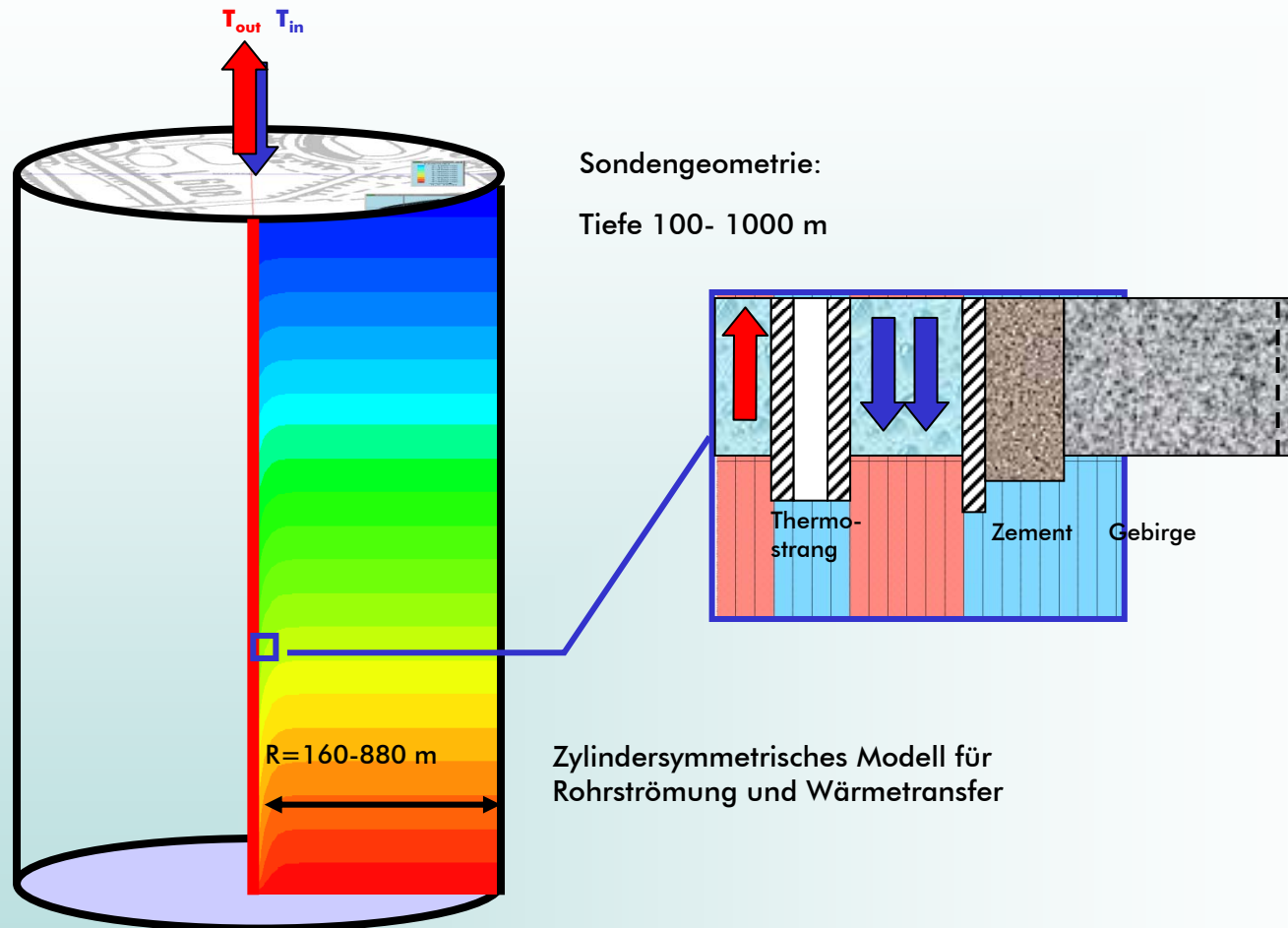
Temperaturprofile für das Sondenmodell

Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



Sondenmodell (Simulator: SHEMAT)

Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen



Sondenmodell (Simulator: SHEMAT)

Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

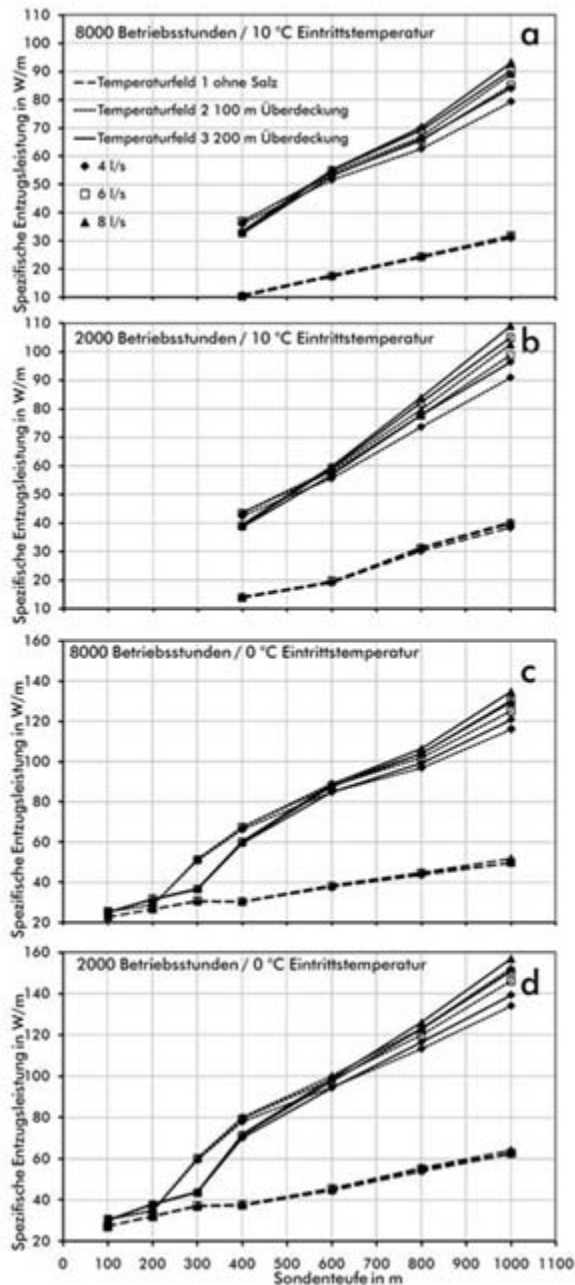
Sondenteufe	100 m – 1000 m
Temperaturfelder	T1, T2 und T3
Eintrittstemperaturen in die Erdwärmesonde	0 °C (+ Frostschutz), 5 °C und 10 °C
Umwälzmengen in der Erdwärmesonde	4, 6 und 8 l/s
Vollbenutzungsstunden	2000 und 8000 Stunden/Jahr
Heizungsvorlauftemperaturen	35 °C und 50 °C

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*

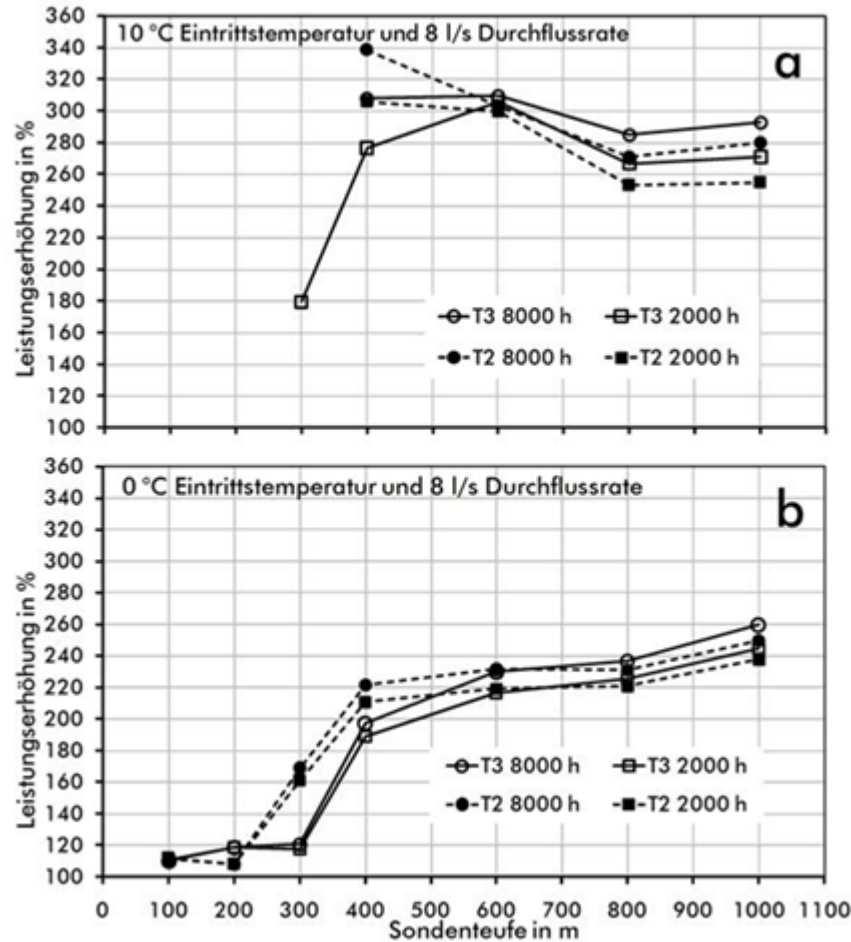
Simulierte Varianten

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 Sondentiefe

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 %

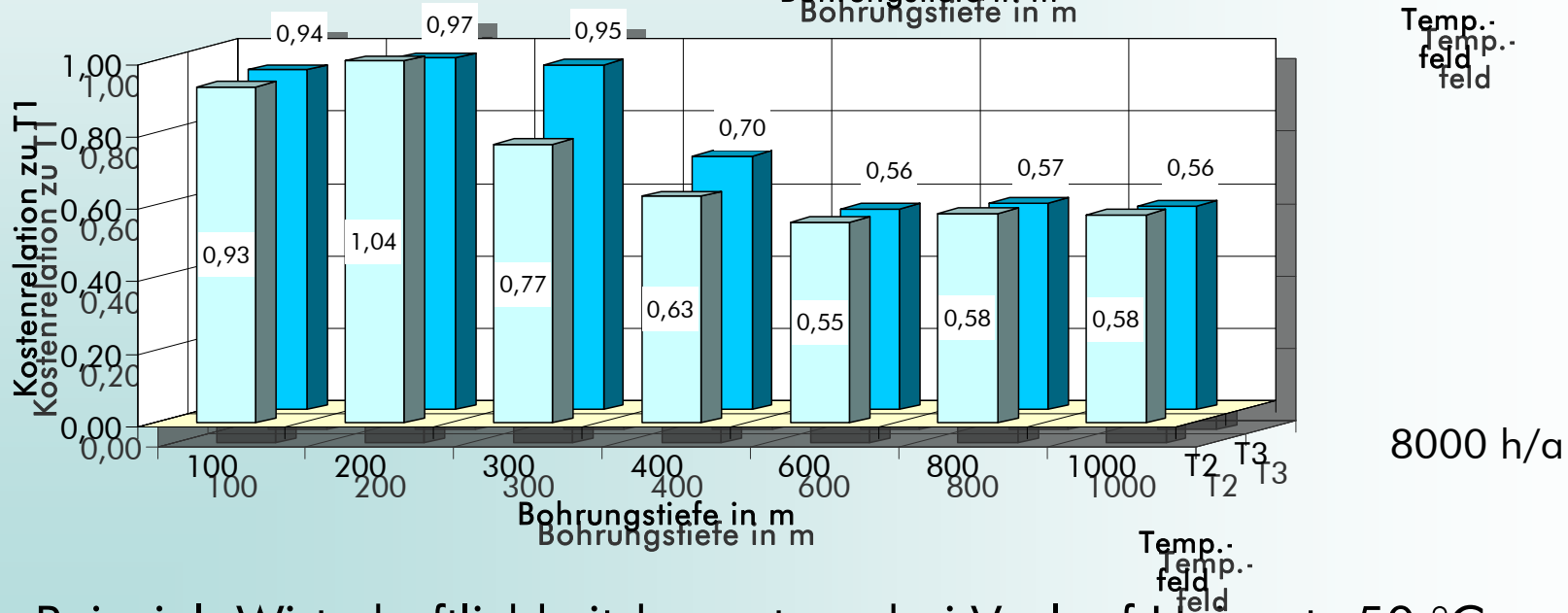
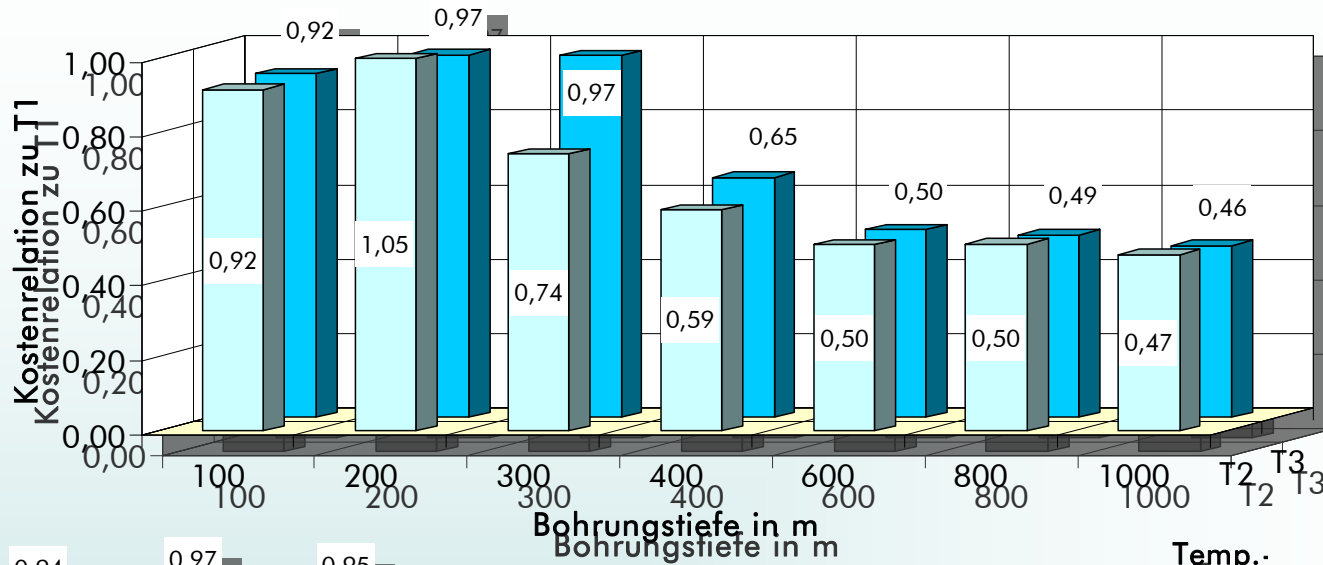
Erdwärmesonden in Salzstockhochlagen

	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



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 Bedarfszahlen zur optimalen Sondendimensionierung unverzichtbar.

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