

3D-Modellierung des Untergrundes der Hansestadt Hamburg



**Landesamt für Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume
Schleswig-Holstein**



**Claudia Thomsen, Fabian Hese,
Thomas Liebsch-Dörschner**



Darius Mottaghy, Renate Pechnig



Hamburg

Behörde für
Stadtentwicklung
und Umwelt

Renate Taug, Jens Kröger

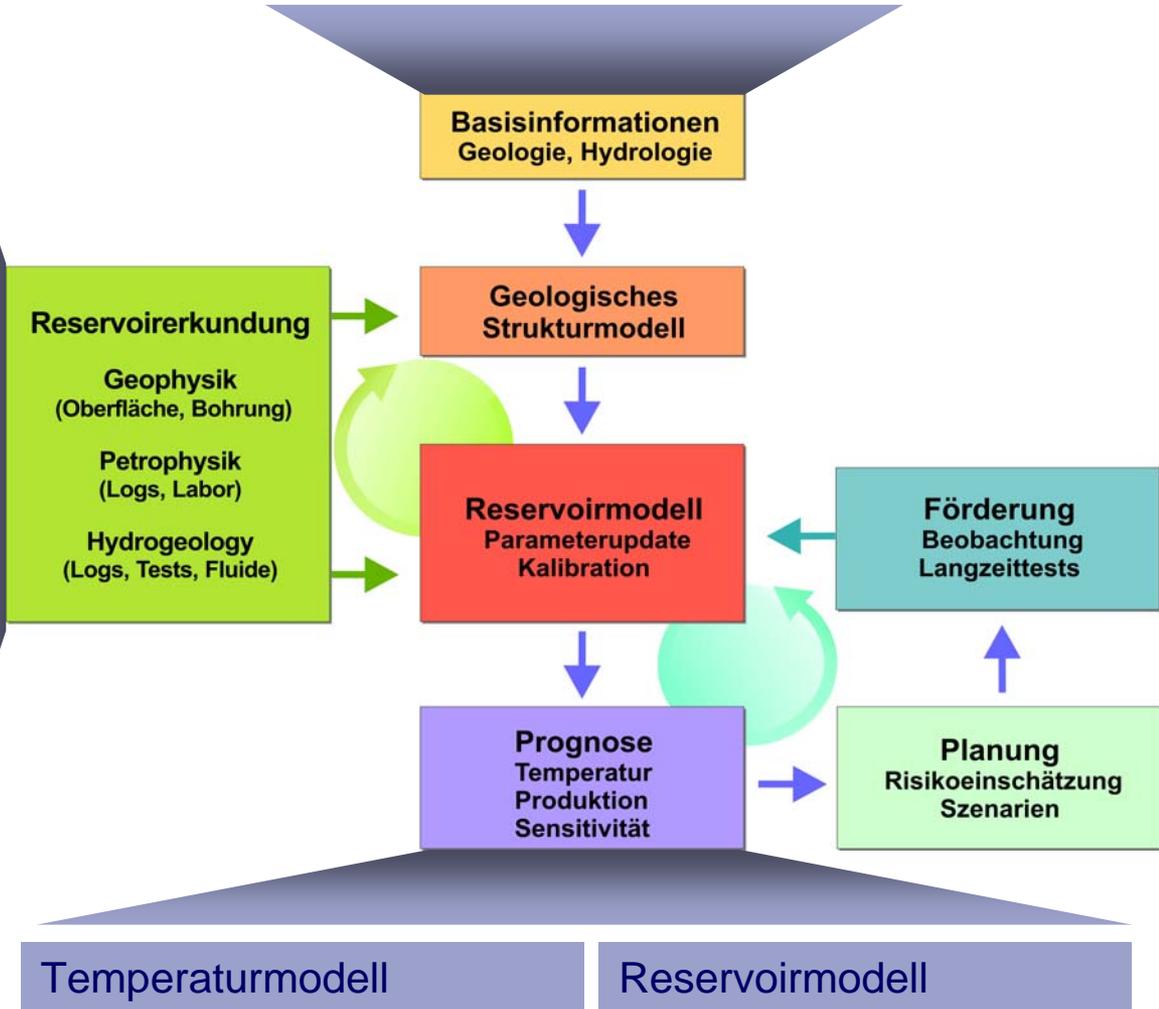
- ▶ **Identifizierung von Untergrundstrukturen**
(Schichtabfolge, Salzstöcke)
- ▶ **Vorhersage von Reservoirtemperaturen**
(Temperaturgradient, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeproduktion)
- ▶ **Erfassung und Vorhersage von Wegsamkeiten**
(Porosität, Permeabilität, Transmissivität)

Ziele: 3-D Temperaturmodell für die Stadt Hamburg und Umgebung
3-D Reservoirmodelle – 2 Lokationen
Bereitstellung von Planungsgrundlagen
Abschätzungen zur Reservoirproduktivität

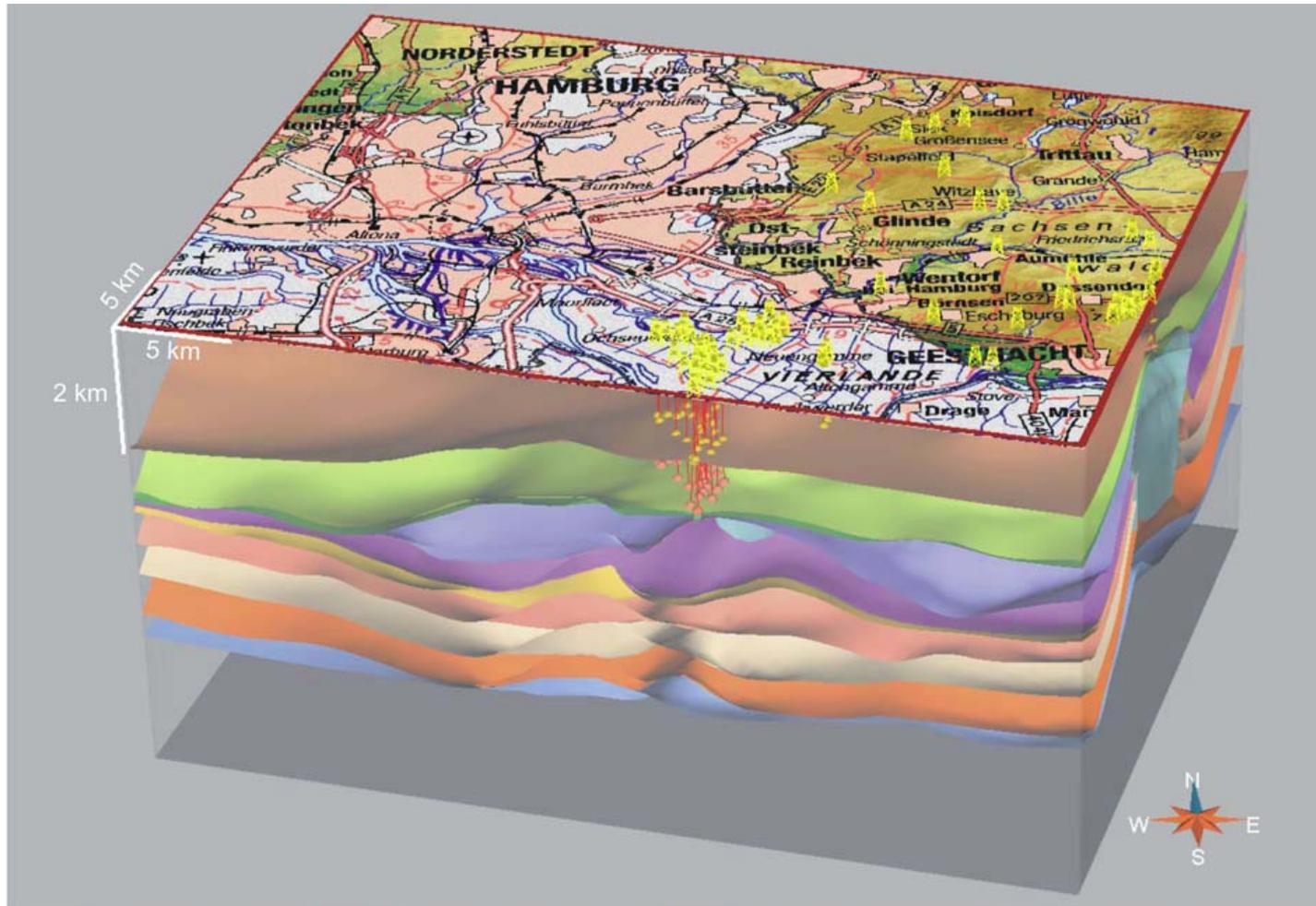
Modellerstellung

Geologische Dienste GoCad Modell, Daten

- LIAG**
Temperaturdaten,
BHTs, Temperaturlogs
aus dem Modellgebiet
- Bohrung Allermöhe**
Lithologie, Logdaten,
Kerndaten, Poro-
Permdaten
- Bohrungen Umfeld**
Thermische Parameter,
Porositätsdaten,
Wärmestromdaten,
Wärmeproduktion

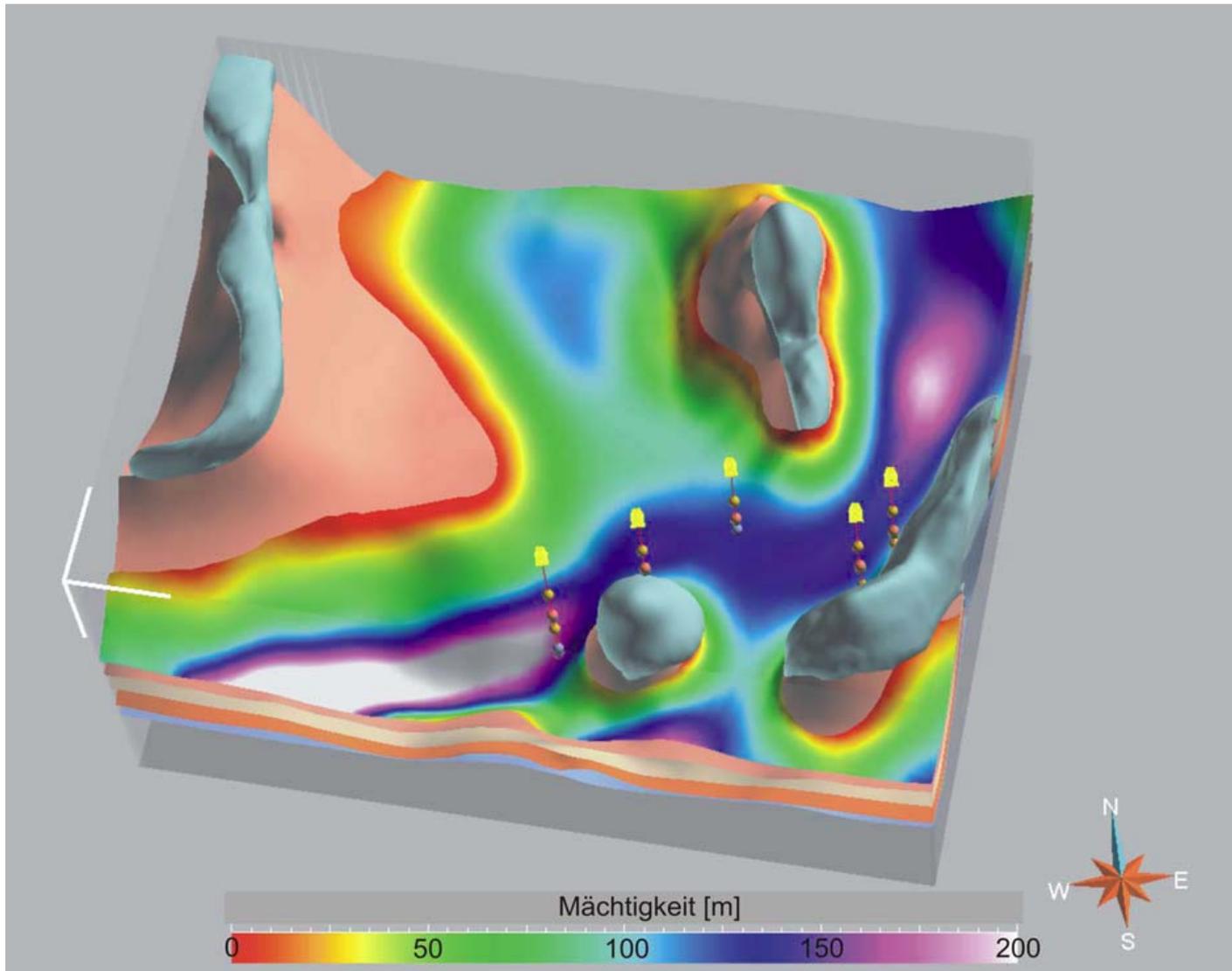


Geologisches Strukturmodell



- | | | | | | | | |
|---|-----------------|---|--------------------|---|-------------------|---|-----------------------|
|  | Basis Tertiär |  | Basis Malm/Wealden |  | Basis Rhät |  | Basis U. Buntsandsst. |
|  | Basis O. Kreide |  | Basis Dogger |  | Basis Keuper |  | Basis Zechstein |
|  | Basis U. Kreide |  | Basis Lias |  | Basis O. Buntsst. | | |

Geologisches Strukturmodell



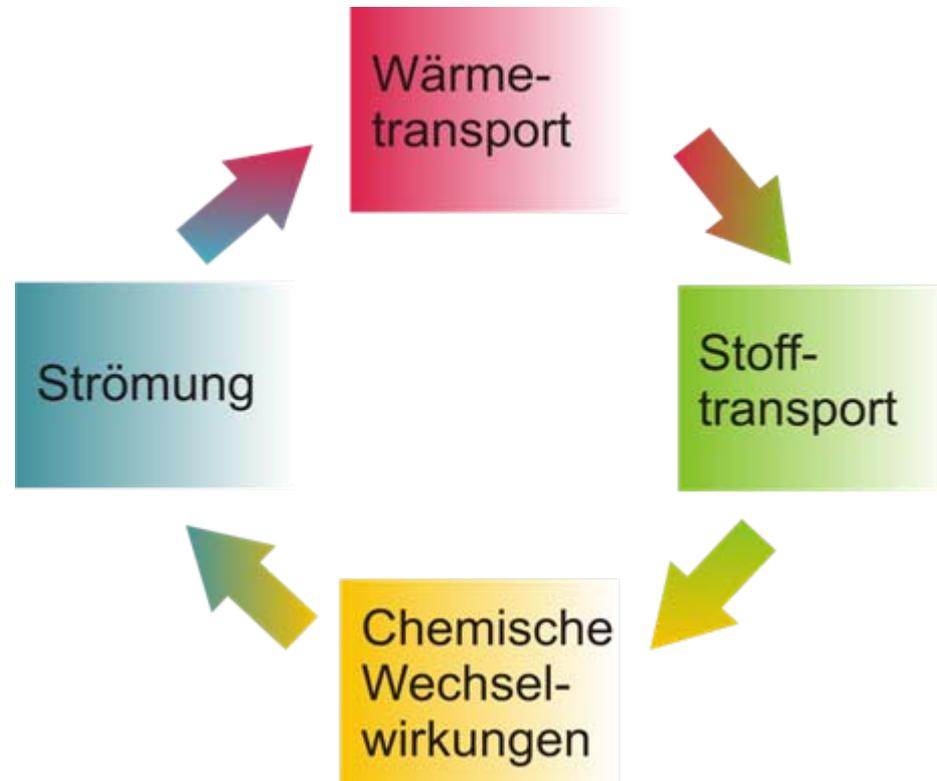
Modelleigenschaften

Parameter	Wert
Modellgröße	35,4 km x 28,4 km x 6 km
Gittergröße, Auflösung	177×142 ×120; 200 m × 200 m × 50 m
Zellenanzahl	3 016 080
Basaler Wärmestrom in 6 km Tiefe	70,5 mW m ⁻² (Norden et al, 2008)
Oberflächentemperatur	10 °C
Geologische Einheiten	11
Thermische Randbedingungen	Oben: T const., unten: q konstant
Wärmeleitfähigkeit	f(T)

Stationäre Simulationen: Kalibration

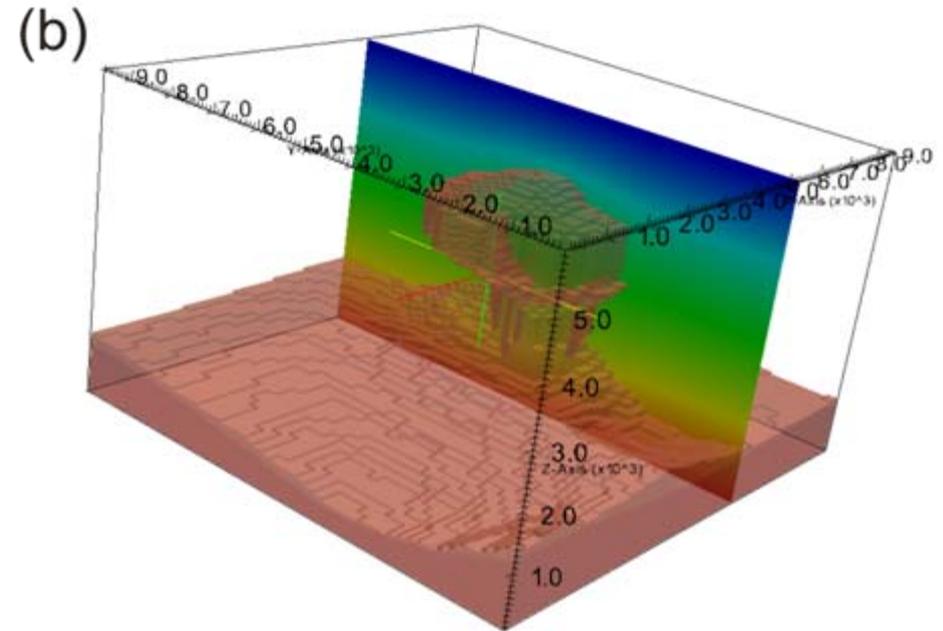
- ▶ **Literaturdaten**
- ▶ **Vorwärtssimulationen, Vergleich mit vorhandenen Temperaturdaten**
- ▶ **Deterministische Inversion**
- ▶ **Einordnung der thermischen Eigenschaften mit Hilfe von Ergebnissen und Kenntnissen aus angrenzenden Gebieten**
- ▶ **Berücksichtigung der Variation von thermischen Eigenschaften innerhalb einer Modelleinheit.**

Das Simulationswerkzeug „Shemat Suite“



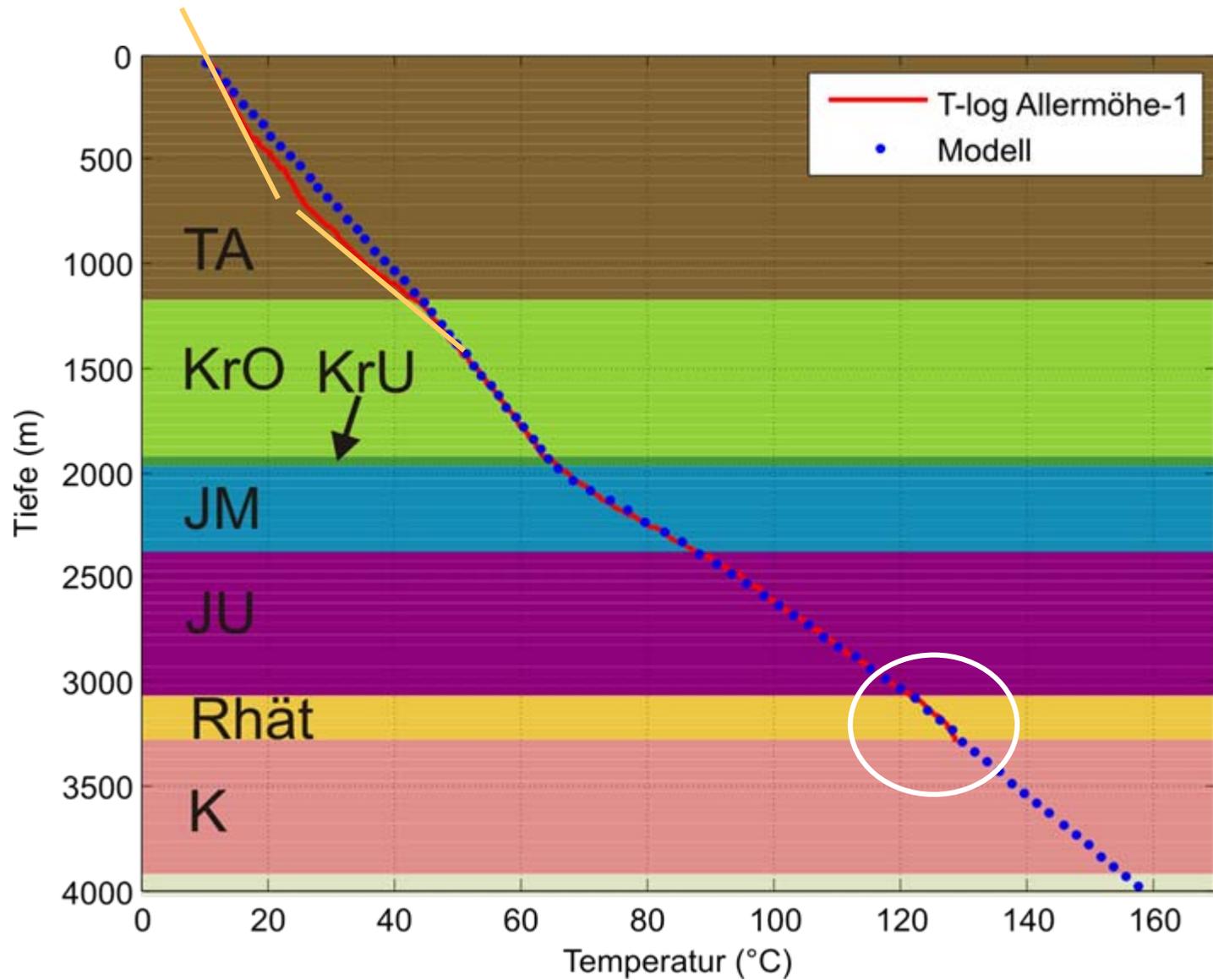
- ▶ **Finite Differenzen Programm, basierend auf SHEMAT (Clauser, 2003)**
- ▶ **Vorwärtssimulationen, Inversion, Statistische Simulationen**
- ▶ **Forschungscode, ständige Weiterentwicklung (in Kooperation mit der RWTH Aachen)**

Stationäre Simulationen: Inversion

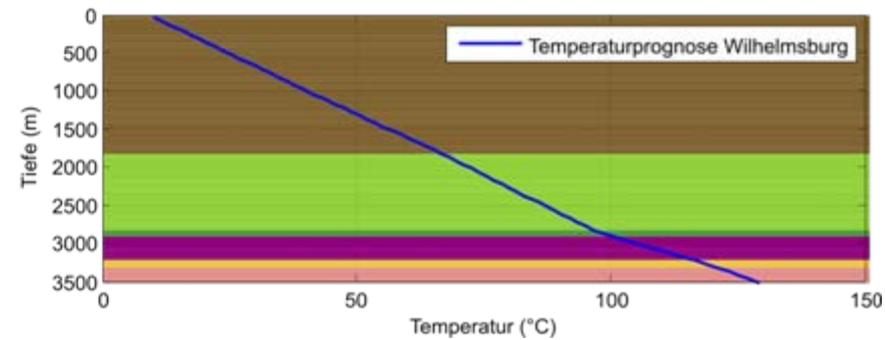
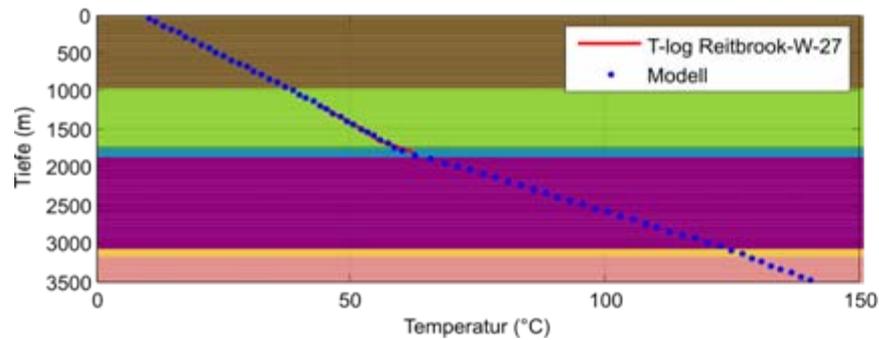
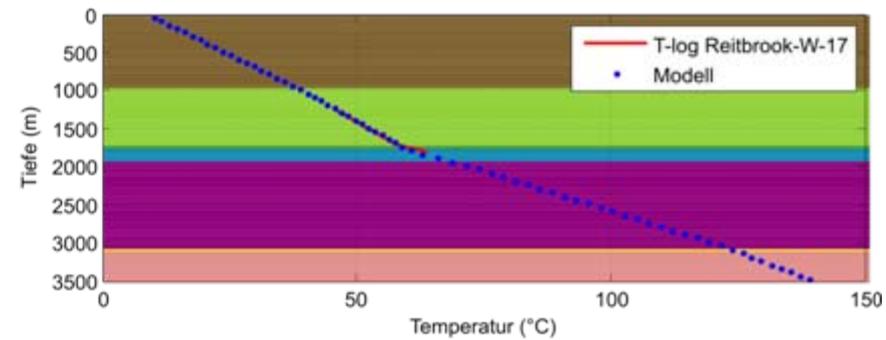
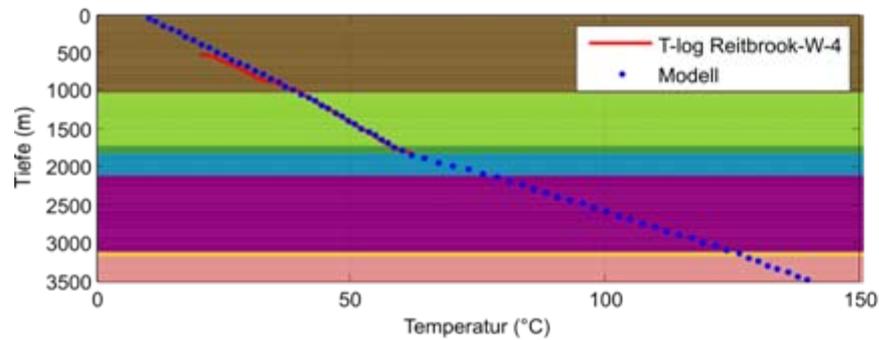
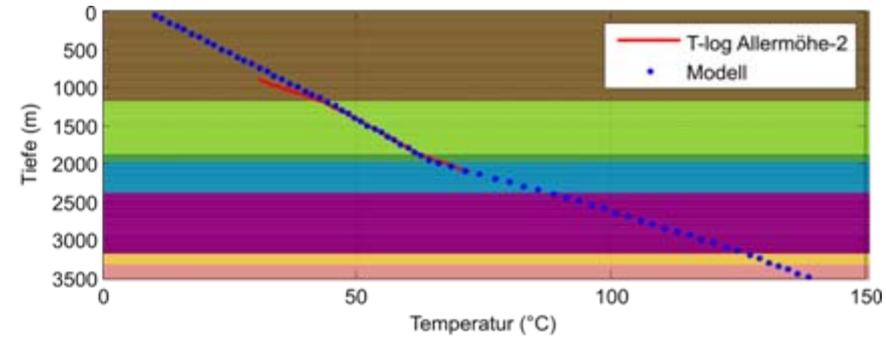
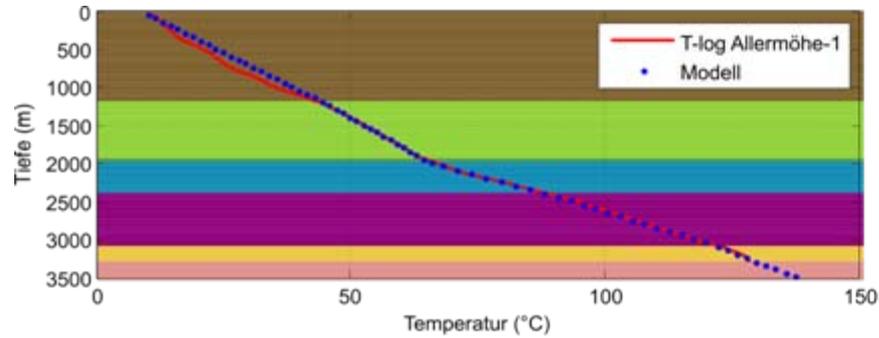


Modell für die Inversionrechnungen

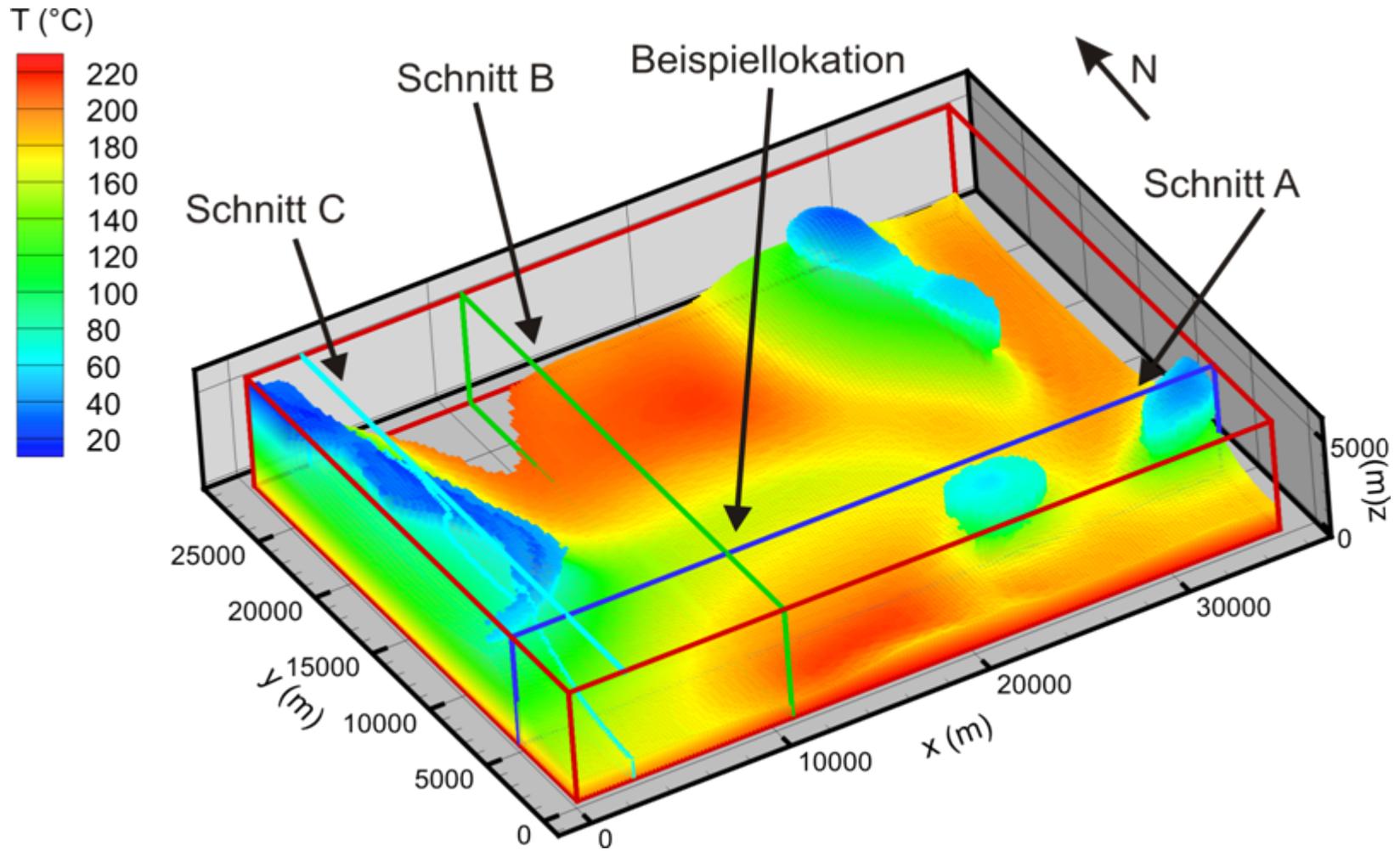
Stationäre Simulationen: Temperaturlogs



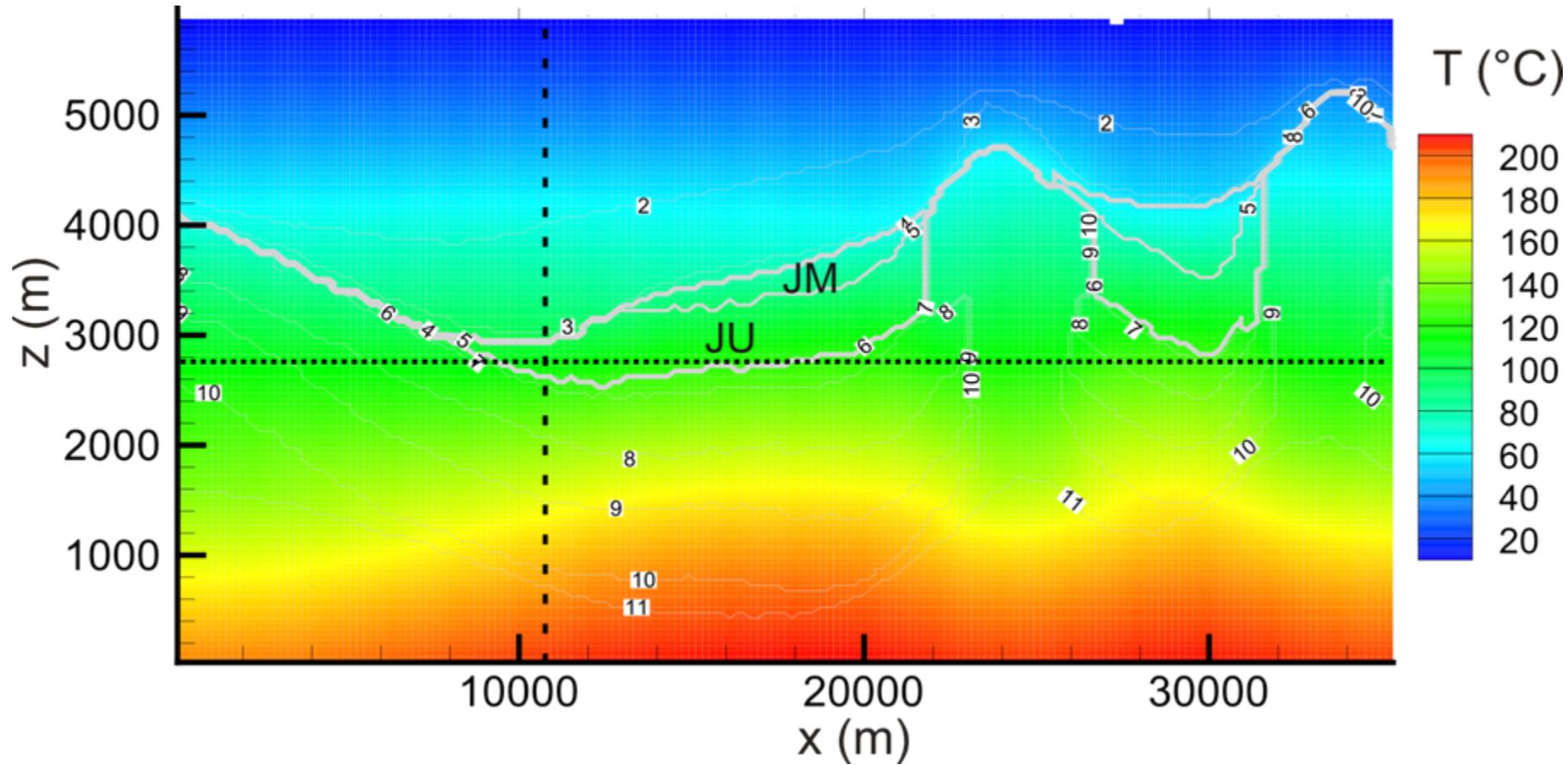
Stationäre Simulationen: Temperaturlogs



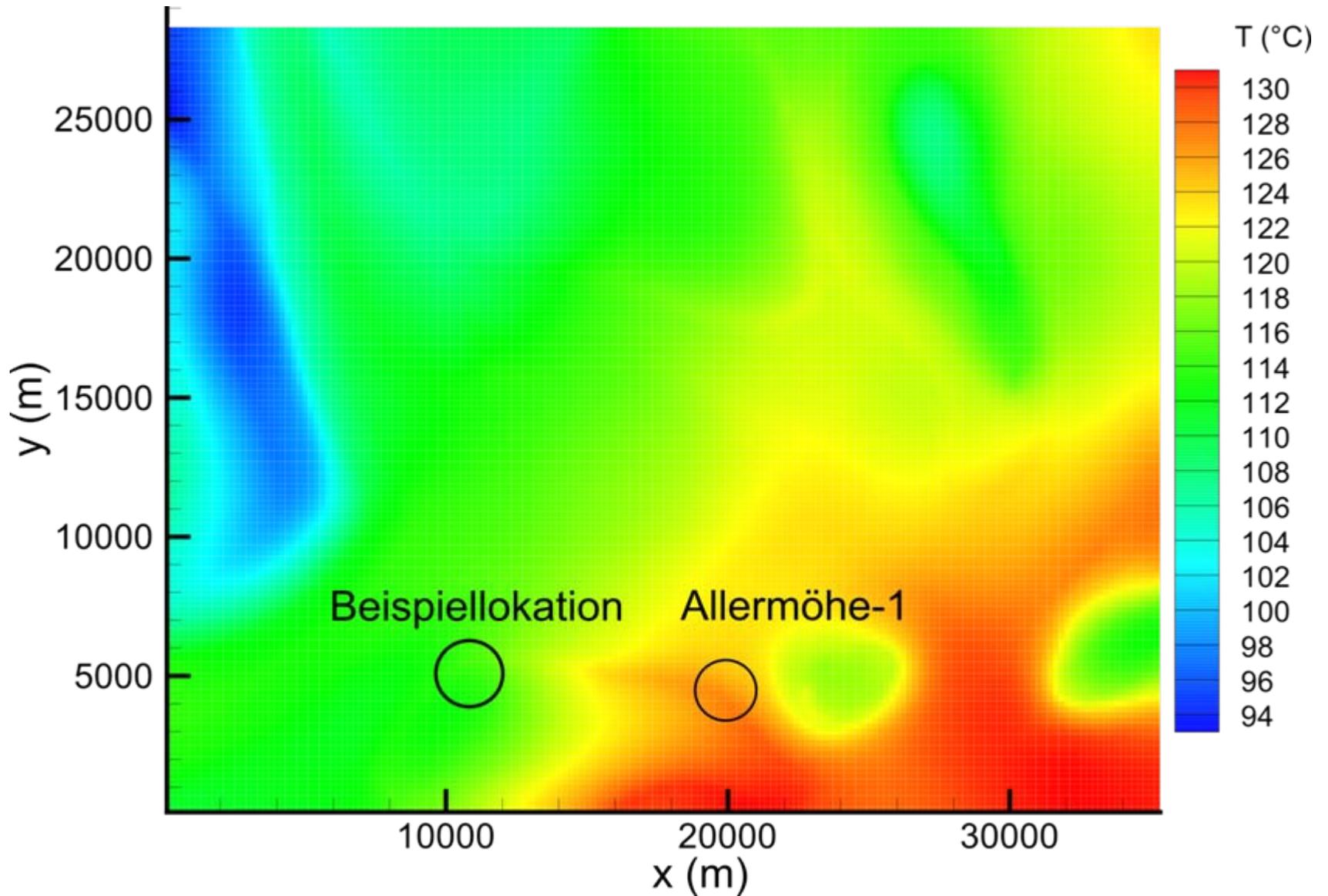
Temperaturen Top Zechstein/Salz



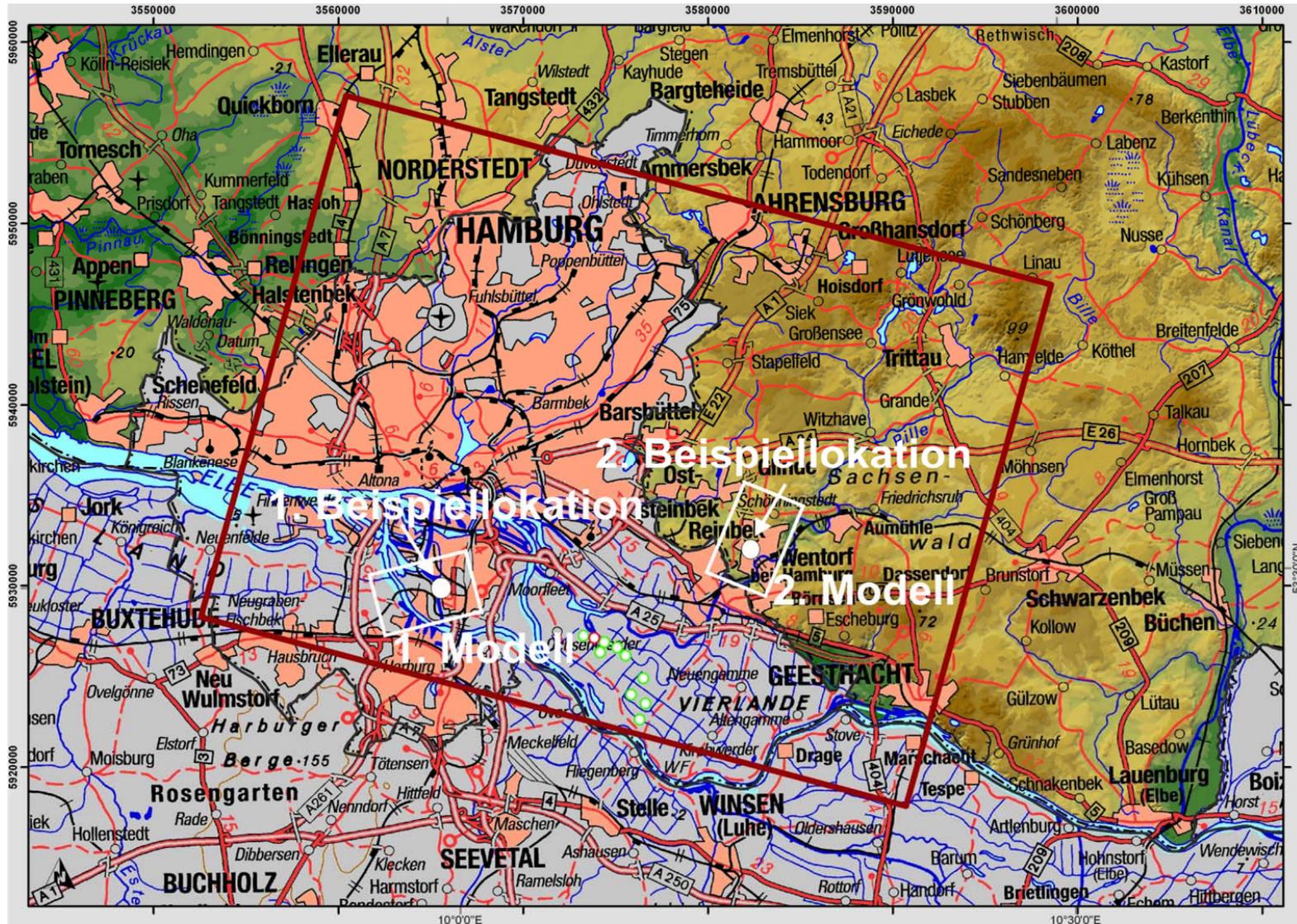
Stationäre Simulationen, vertikaler Schnitt (A)



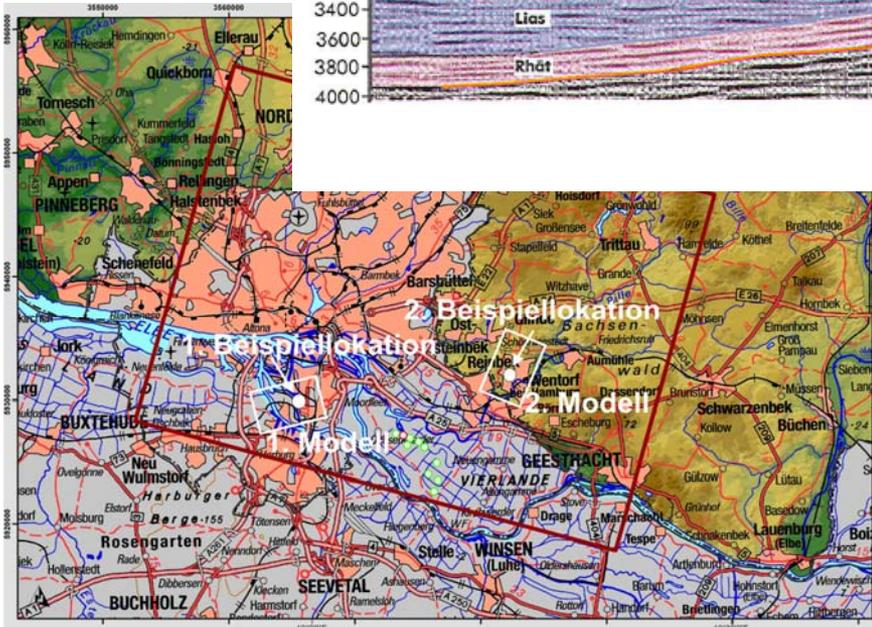
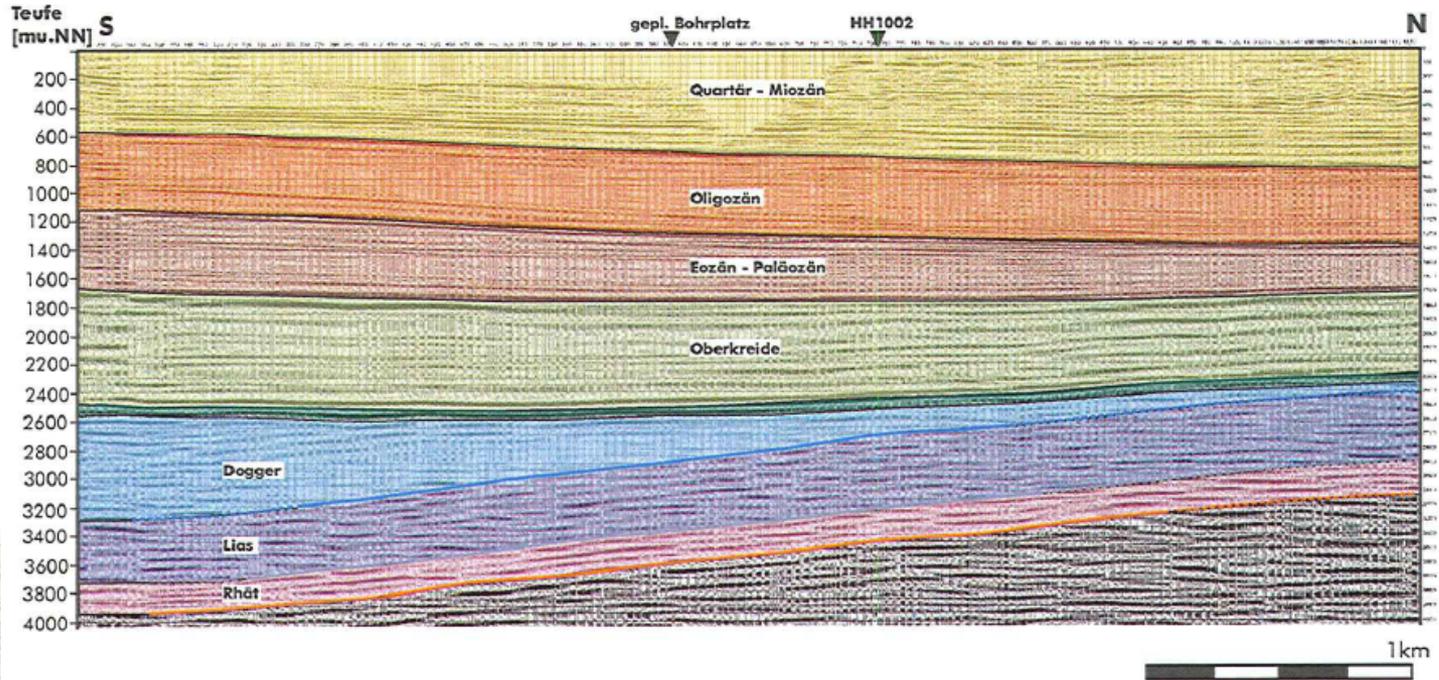
Stationäre Simulationen: Horizontaler Schnitt, $z=3150$ m



Reservoirmodelle

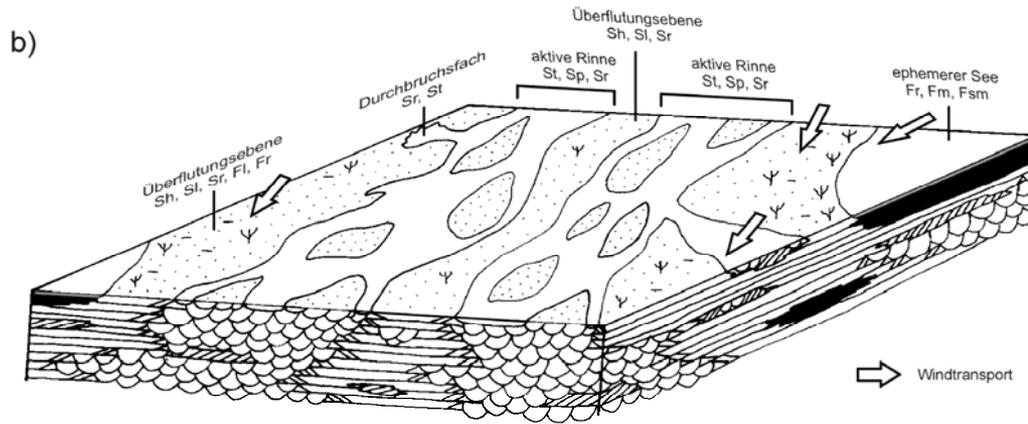


Reservoirmodelle

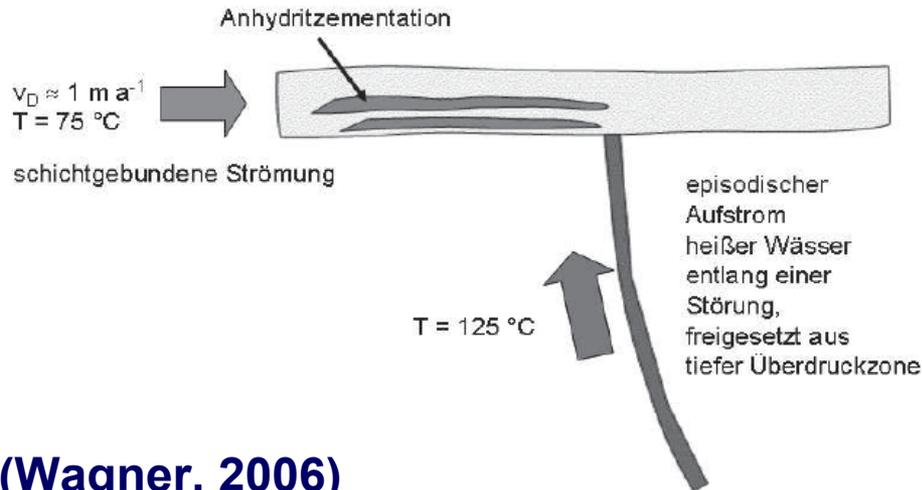


**2D-Seismik in Hamburg-Wilhelmsburg
(Geologisches Landesamt Hamburg, GTN)**

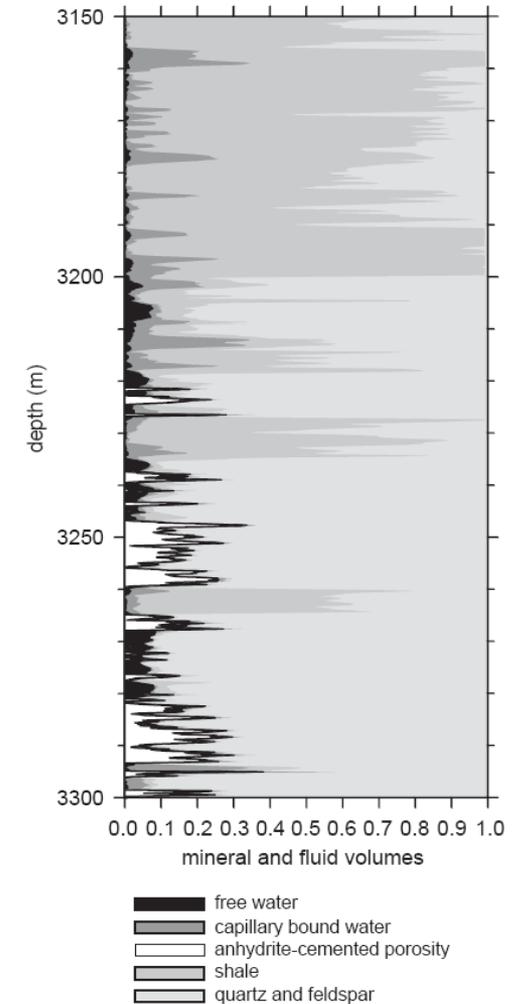
Der Rhät als Speicherhorizont



(Gaupp, 1991)

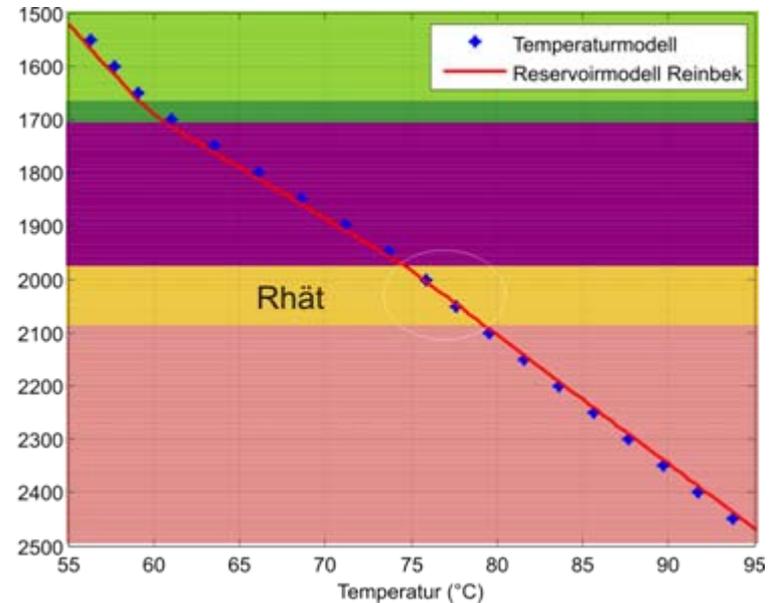
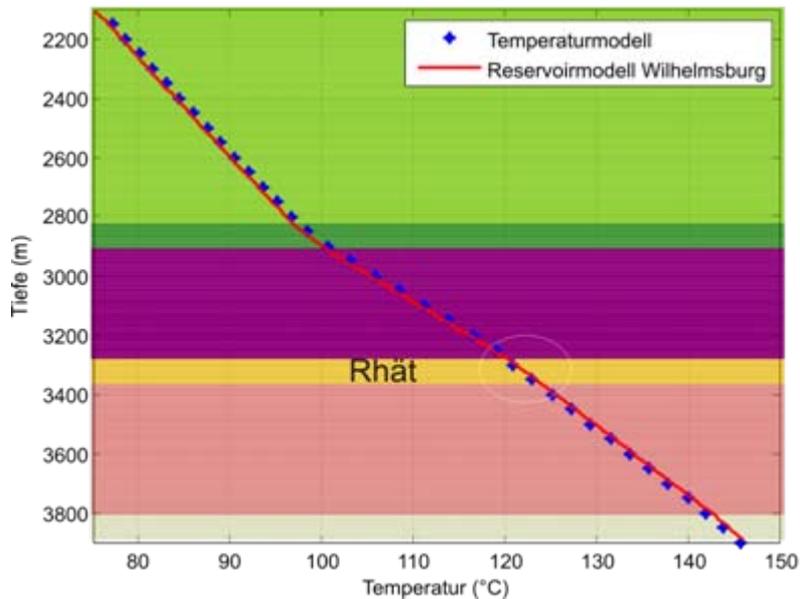
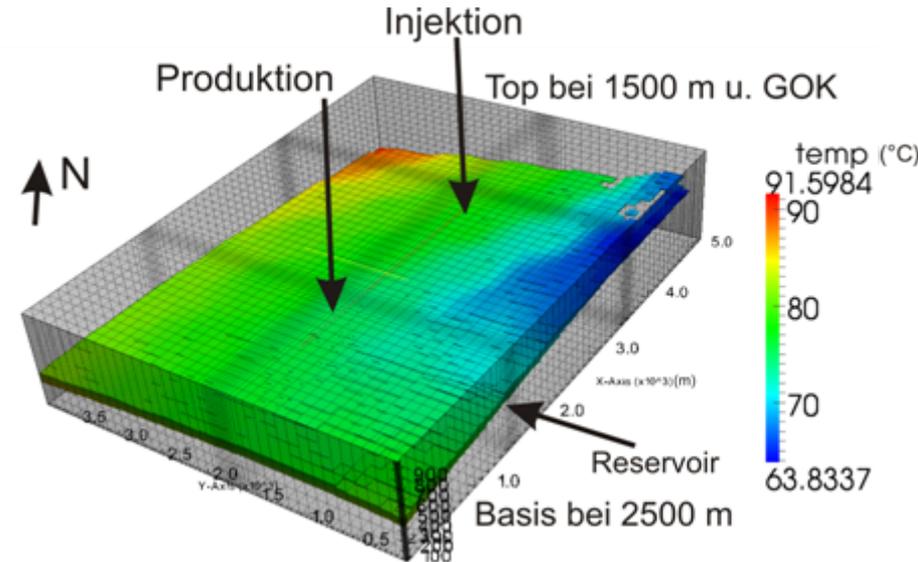
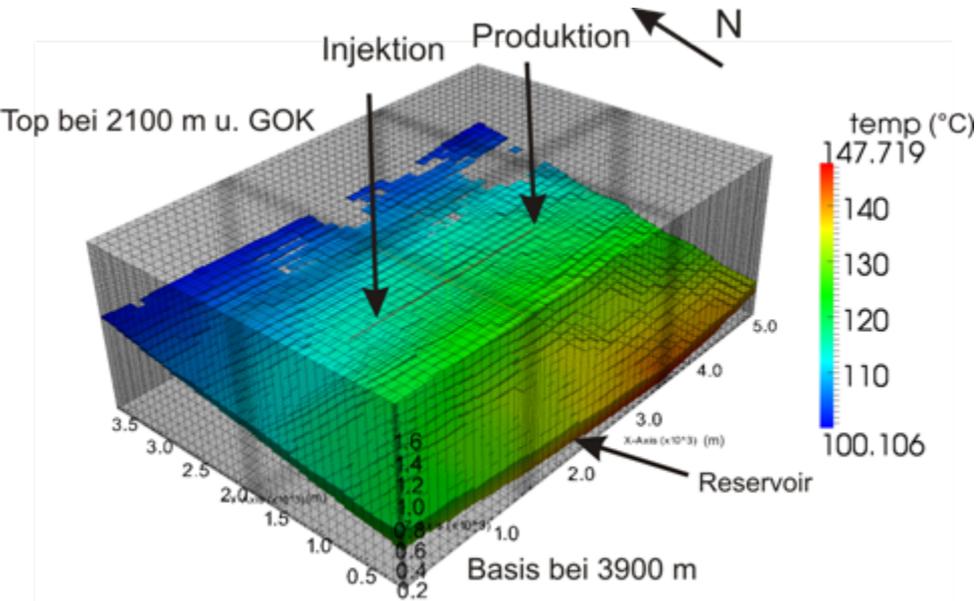


(Wagner, 2006)

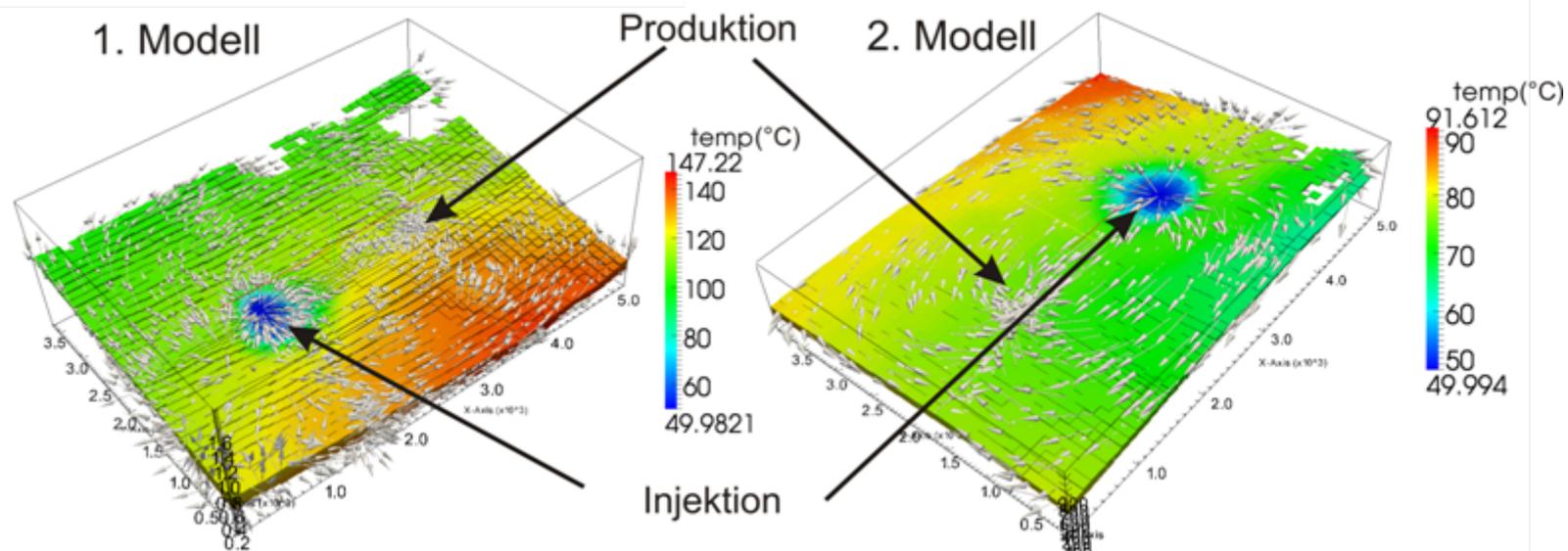
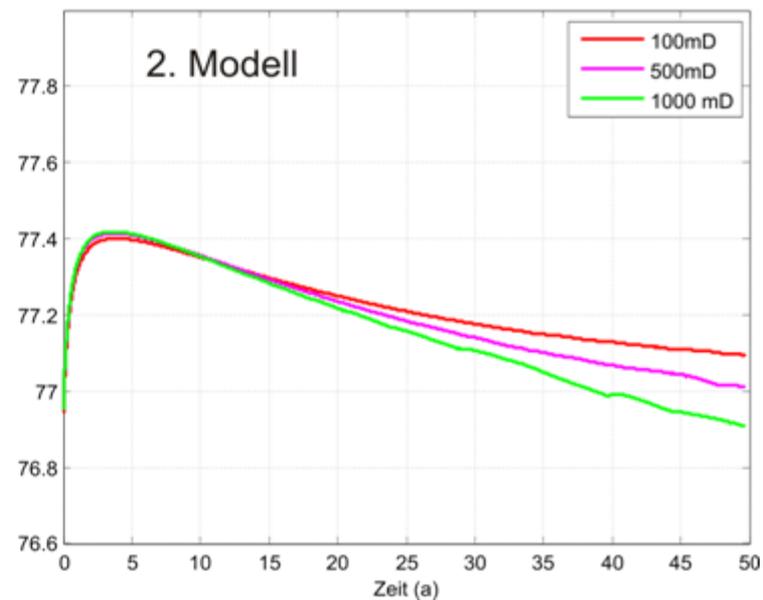
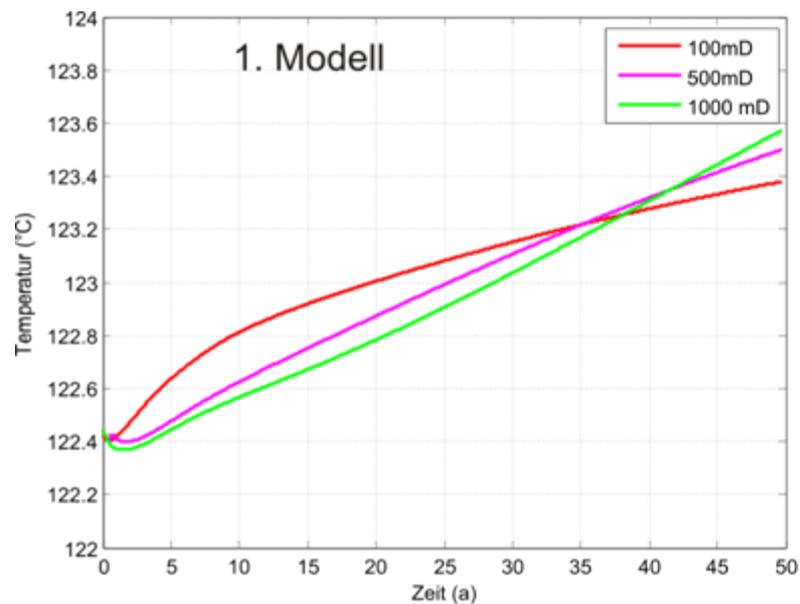


(Pape et al., 2005)

Reservoirmodelle: Randbedingungen

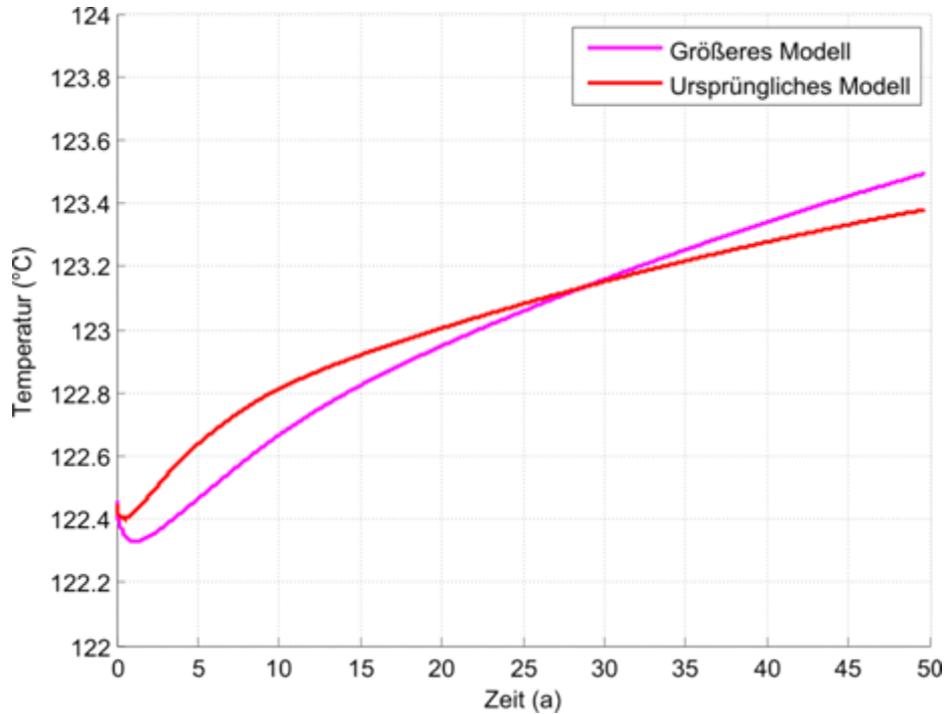


Reservoirmodelle: Ergebnisse

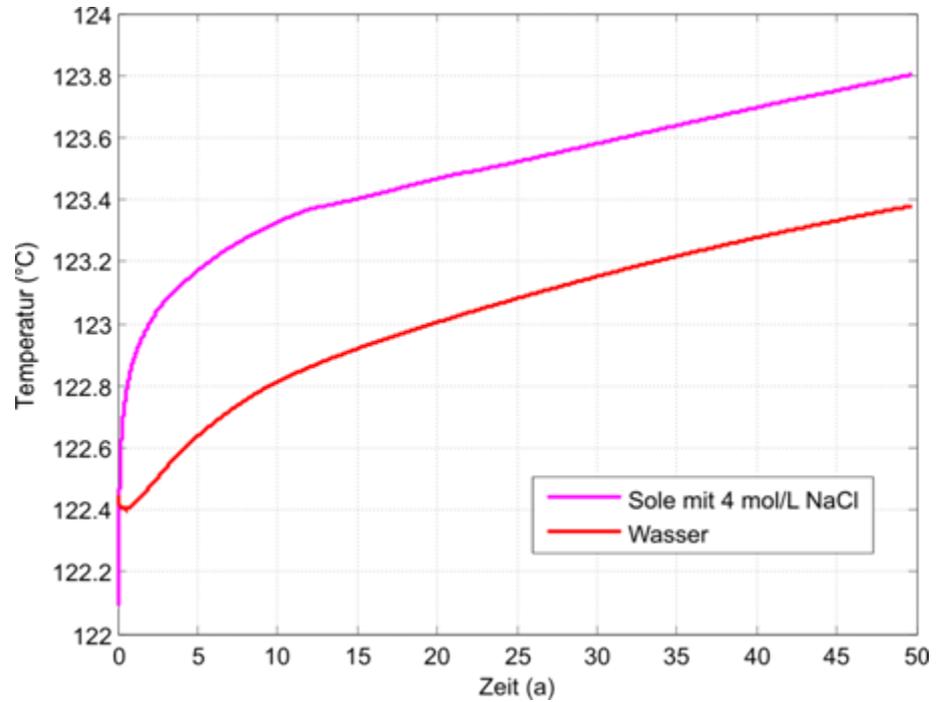


Reservoirmodelle: Ergebnisse

Einfluss der Modellgröße



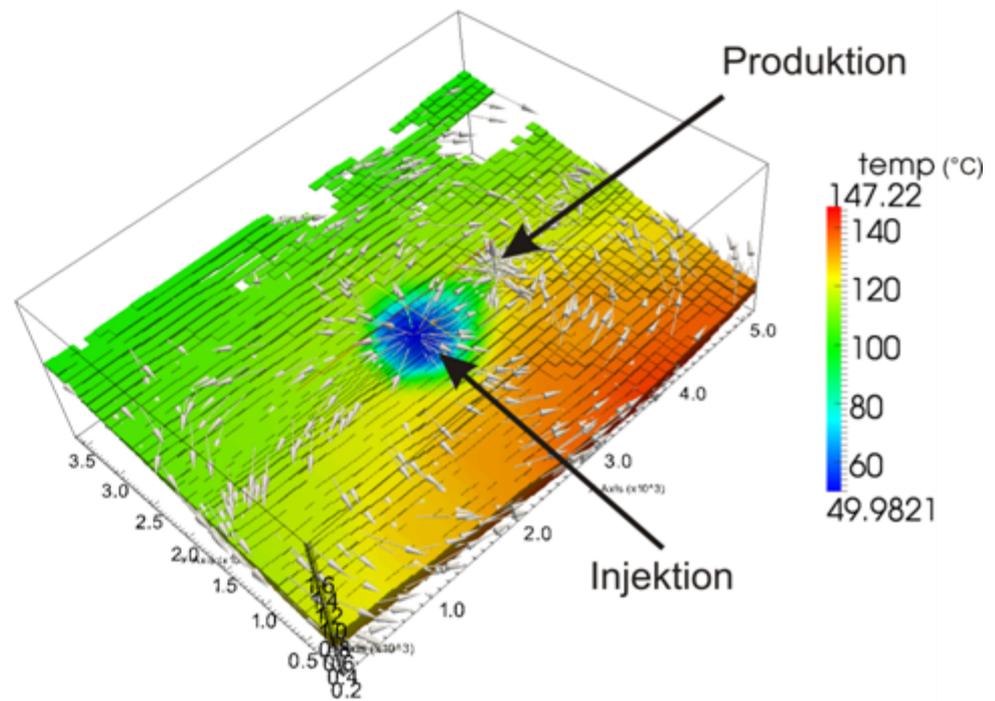
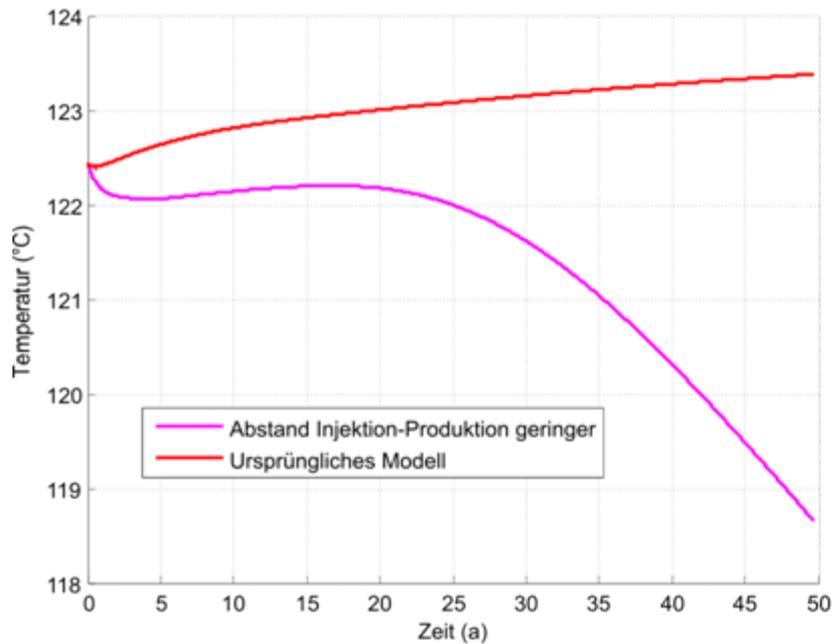
Einfluss der Salinität



Reservoirmodelle: Variationen

Einfluss der Modellgröße

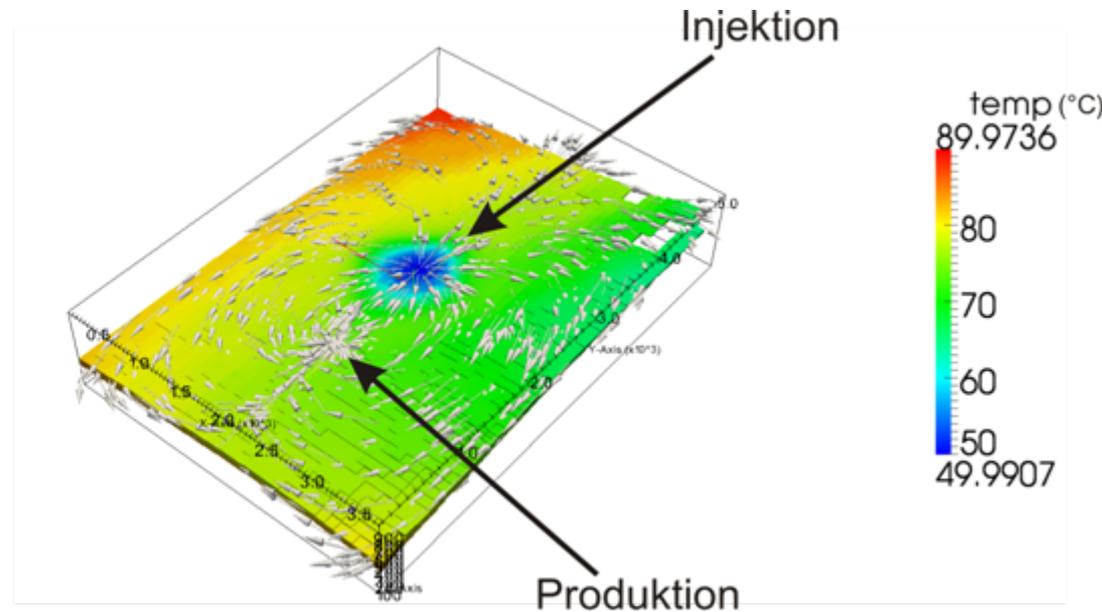
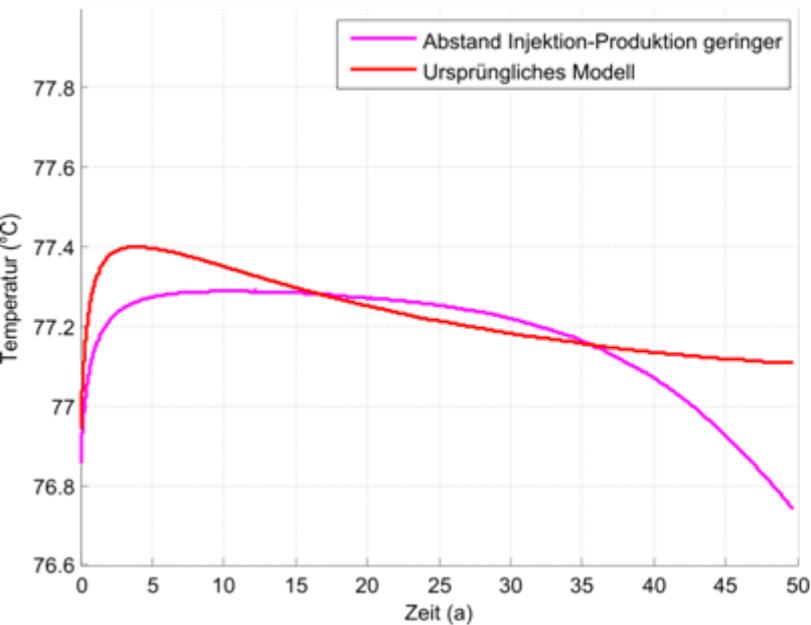
1. Modell, Abstand Produktion-Injektion 1000 m



Reservoirmodelle: Variationen

Einfluss der Bohrungsabstände

2. Modell, Abstand Produktion-Injektion 1000 m



Zusammenfassung

- **Numerische Simulationen zur Temperaturvorhersage für das Stadtgebiet Hamburg und anliegender Gebiete Schleswig-Holsteins:**
 - **Geologisches Strukturmodell**
 - **Überführung in numerisches Modell**
 - **Kalibration des Modells durch Kombination aller vorhandenen Daten, Sensitivitätsstudien**
 - **Stationäre Simulationen des Temperaturfeldes**
 - **Große laterale Temperaturkontraste**
 - **Basis für zukünftige geothermische Projekte in Hamburg**
- **Reservoirmodelle zu beispielhaften Studien für die geothermische Energiegewinnung**
 - **Kalibration an Temperaturmodell**
 - **Rhät-Sandstein als Reservoir, Näherung durch mittlere Transmissivität**
 - **Simulationen zeigen prinzipielle Eignung; Quantifizierung verschiedener Einflüsse**

Vielen Dank!



Mottaghy et al., (2010). Erstellung eines geothermischen Modells für Teile Hamburgs und anliegende Gebiete. BBR - Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau, Jahresmagazin 12/2010, 61, 52-59.