

Thorsten Agemar

Jessica-Aileen Alten, Britta Ganz, Jörg Kuder, Sandra Schumacher & Rüdiger Schulz

# 3D-Modelle im Geothermischen Informationssystem für Deutschland



## 2. Workshop 3D-Geologie

St. Quirin, 4.+5. November 2010

# Das Konzept GeotIS

## Interaktiver und digitaler Geothermie-Atlas im Internet:

### 1. GEOTHERMISCHE POTENTIALE

- hydrogeothermische Ressourcen
- Untergrunddaten
- Metadaten zu Seismik und Bohrungen

### 2. GEOTHERMISCHE STANDORTE

- Lage von Geothermie-Anlagen
- Betriebsdaten

GeotIS Geothermisches Informationssystem für Deutschland

Startseite  
Mitarbeiter  
Veröffentlichungen

Geothermische Potentiale

- Projekt
- Partner
- Umsetzung
- Tutorial
- Funktionalität

Geothermische Standorte

- Projekt
- Partner
- Umsetzung
- Tutorial
- Funktionalität

**Neu:**  
In den "Geothermischen Potentialen" ist es nun möglich die Untergrundtemperaturen mit Hilfe von Vertikal- und Horizontalschnitten deutschlandweit abzufragen.  
Die Darstellung der hydrogeothermisch relevanten Horizonte ist weiterhin an die 3D-Modelle in NO-Deutschland und im Süddeutsche Molassebecken gebunden.  
[Anwendung starten](#)

Das Geothermische Informationssystem zeigt die Potentiale und Standorte der tiefen Geothermie in Deutschland. Es setzt sich aus zwei eigenständigen Informationssystemen zusammen.  
Die **Geothermischen Potentiale** bieten den Nutzern eine Zusammenstellung von Daten und Informationen über tiefe Aquifere in Deutschland, die für eine geothermische Nutzung in Frage kommen. Trotz der vielen eingehenden Daten wird GeotIS aber keine lokale Machbarkeitsstudie ersetzen. Das System steht seit Mai 2009 über das Internet frei zur Verfügung, wobei die Eigentumsrechte an den Basisdaten in geeigneter Weise berücksichtigt werden müssen.  
Die **Geothermischen Standorte** sind seit Anfang 2008 online und bieten einen Überblick über geothermische Anlagen, die sich derzeit in Deutschland in Betrieb oder Bau befinden.

Ziel des vom BMU geförderten Projektes ist die Qualitätsverbesserung bei der Projektierung geothermischer Anlagen und die Minimierung des Fundgrüblerisikos. Im Grunde ist es als digitale Variante eines Geothermie-Atlases zu sehen, der weitgehend maßstabunabhängig ist und stets in der aktuellsten Auflage zur Verfügung steht. Sowohl geowissenschaftliche Basisdaten als auch aktuelle Erkenntnisse und Ergebnisse werden bereitgestellt und kontinuierlich ergänzt.

Zwischenergebnisse sowie Literatur zu diesem Projekt finden Sie unter dem Punkt [Veröffentlichungen](#).

Im LIAG angefertigte und zum Download verfügbare [Karten des Temperaturfeldes im Untergrund](#) Deutschlands ermöglichen Einblick in verschiedene Tiefen.

LogIn Links Sitemap Impressum

GeotIS

GeotIS

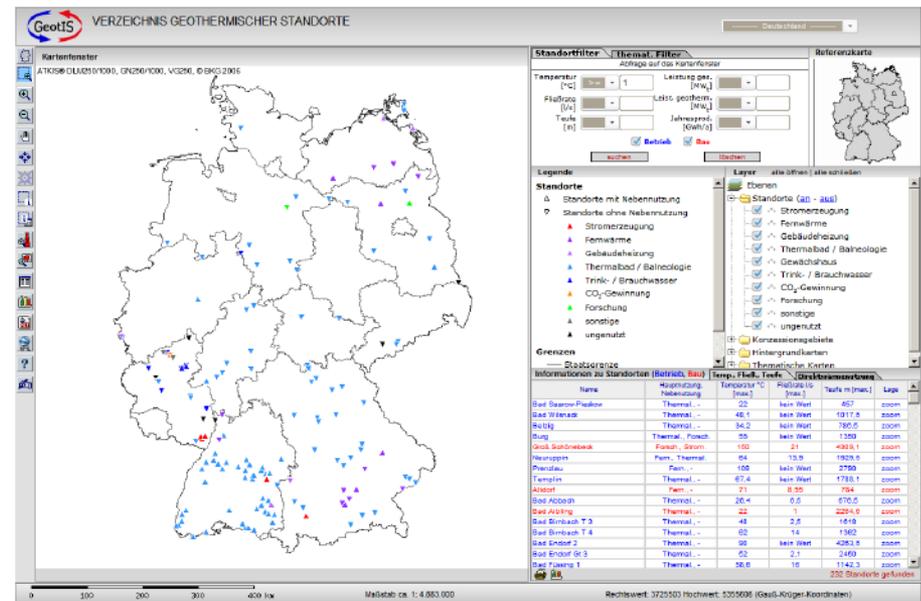
Tiefenunabhängige Übersicht über Gebiete, die für hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind: Regionen mit Aquiferen, deren Temperatur über 100 °C (rot) bzw. über 80 °C (gelb) beträgt; 100 °C ist für eine Stromerzeugung, 80 °C für die direkte Wärmenutzung erforderlich.

Ausschnitt aus dem 3D-Strukturmodell. Dargestellt sind die Basis- und Top-Flächen mesozoischer Schichten, die für eine geothermische Nutzung relevant sind. Grundlage ist das Karlsruhe Geothermische Ressourcen im Norden der DDR des ZOI im Maßstab 1:200.000.

<http://www.geotis.de>

# Geothermische Standorte

- Daten über Geothermie-Anlagen – erstellt vom *PK Tiefe Geothermie*
  - Standort-spezifische Daten (Produktionsrate, Temperatur, etc.)
  - Erlaubnisfelder (z. Zt. nur Baden-Württemberg)
  - verschiedene Kartenhintergründe
- umfangreiche Recherche
- Gemeindeverzeichnis
- Ländermodus



# Geothermische Standorte

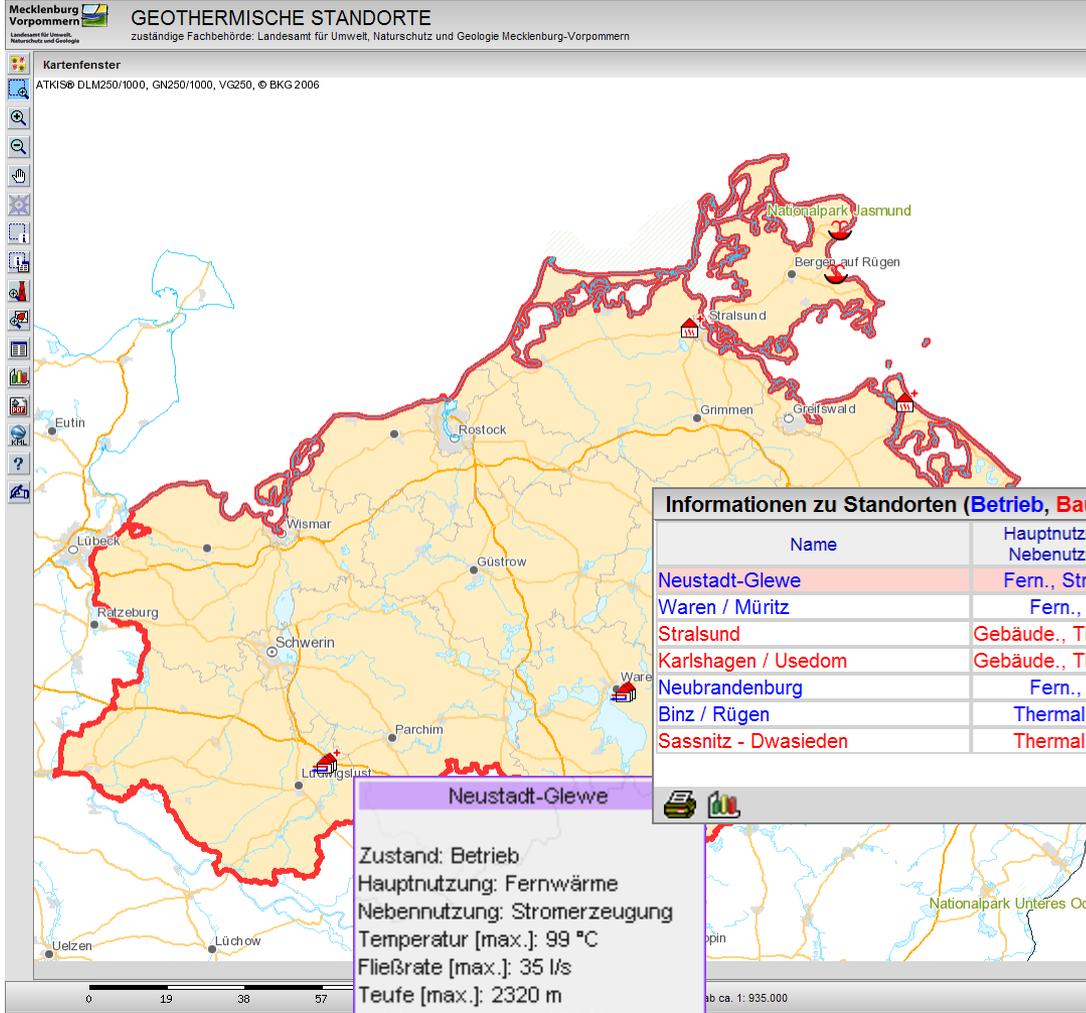
**Legende**

**Standorte**

- + Standorte mit Nebennutzung
- Stromerzeugung
- Fernwärme
- Gebäudeheizung
- Thermalbad / Balneologie
- Trink- / Brauchwasser
- CO<sub>2</sub> -Gewinnung
- Forschung
- sonstige
- ungenutzt

**Topographie**

- Siedlungen
- Bundeshauptstadt
- ungenutzt
- Konzessionsgebiete
- Hintergrundkarten



**Informationen zu Standorten (Betrieb, Bau) Temp., Fließ-, Tiefe**

| Name                 | Hauptnutzung, Nebennutzung | Temperatur °C [max.] | Fließrate l/s [max.] | Tiefe m [max.] | Lage |
|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------|------|
| Neustadt-Glewe       | Fern., Strom.              | 99                   | 35                   | 2320           | zoom |
| Waren / Müritz       | Fern., -                   | 63                   | 17                   | 1566           | zoom |
| Stralsund            | Gebäude., Thermal.         | 58                   | 28                   | 1603           | zoom |
| Karlshagen / Usedom  | Gebäude., Thermal.         | 57                   | 28                   | 1788           | zoom |
| Neubrandenburg       | Fern., -                   | 53                   | 28                   | 1267           | zoom |
| Binz / Rügen         | Thermal., -                | 35                   | kein Wert            | 1100           | zoom |
| Sassnitz - Dwasieden | Thermal., -                | 30                   | 8,9                  | 1053           | zoom |

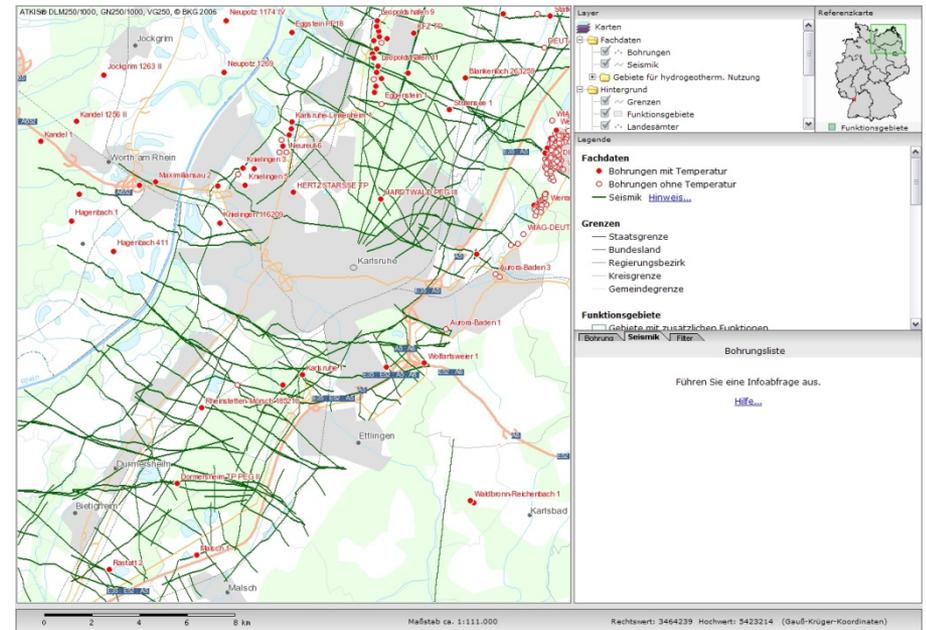
**7 Standorte gefunden**

**Neustadt-Glewe**

Zustand: Betrieb  
 Hauptnutzung: Fernwärme  
 Nebennutzung: Stromerzeugung  
 Temperatur [max.]: 99 °C  
 Fließrate [max.]: 35 l/s  
 Tiefe [max.]: 2320 m  
 Leistung (gesamt): 17 MW<sub>t</sub>  
 Leistung (geotherm.): 7 MW<sub>t</sub>  
 Jahresproduktion: 11.9 GWh/a

# Geothermische Potentiale

- Untergrundtemperatur (seit Januar 2010 für ganz Deutschland)
  - Verbreitung und Tiefenlage relevanter Horizonte
  - Gesamtmächtigkeit von Grundwasserleitern
  - Schnitte (vertikal & horizontal)
  - Hydraulische Daten
  - Lage von Seismik und Bohrungen
- Aber:**
- keine konkrete Standortanalyse
  - kein Zugang zu Originaldaten aus rechtlichen Gründen



# Fündigkeitsrisiko

Das Risiko, ein geothermisches Reservoir in nicht ausreichender **Quantität** oder **Qualität** zu erschließen, bezeichnet man als **Fündigkeitsrisiko**.

- Die Quantität wird über die Leistung  $P$  definiert:

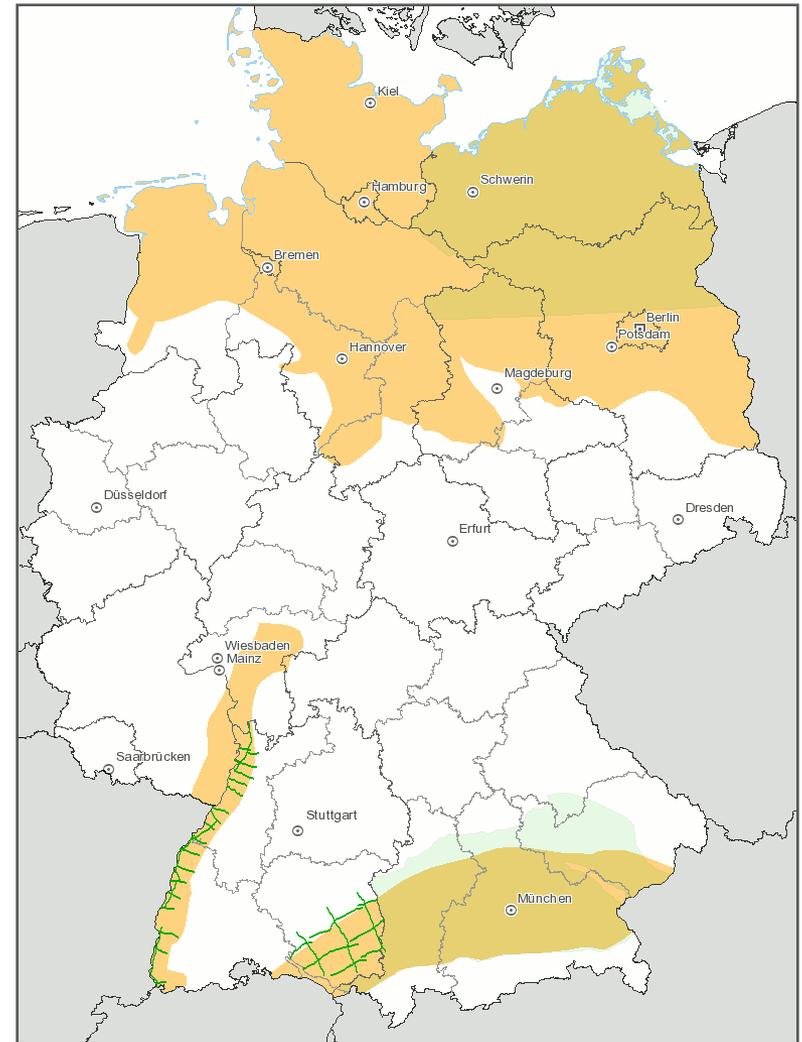
$$P = \rho_F c_F Q (T_i - T_o)$$

- Die Qualität wird von dem Fluidchemismus bestimmt.



# Hydrogeothermische Ressourcen in Deutschland

- Norddeutsches Becken
  - Rät
  - Lias
  - Mittlerer Buntsandstein
  - Unterkreide
  - Dogger
  - Mittlerer Keuper
- Oberrheingraben
  - Oberer Muschelkalk
  - Buntsandstein
  - Hauptrogenstein
- Süddeutsches Molassebecken
  - Oberer Jura (Malm)



# 3D-Modelle Geologie

- Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR (1:200.000)
- Geologische Grundlagen zur Geothermienutzung in Nordost-Deutschland (1:200.000)
- Bayerischer Geothermie-Atlas (1:250.000)
- Hydrogeologische und geothermische Grundlagen zur Nutzung der tiefen Geothermie/Hydrogeothermie in der Region Bodensee – Oberschwaben (1:200.000)
- Regionale Untersuchungen von geothermischen Reserven und Ressourcen in Nordwestdeutschland (1:200.000)
- Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland (1:300.000)



# Nordost-Deutschland

## 2D (ArcGIS)

- Georeferenzierung
- Vektorisierung
  - Isobathen
  - Verbreitungsgrenzen
  - Salinarstrukturen
  - Störungen
- Landesgrenzen
- Blattschnitte



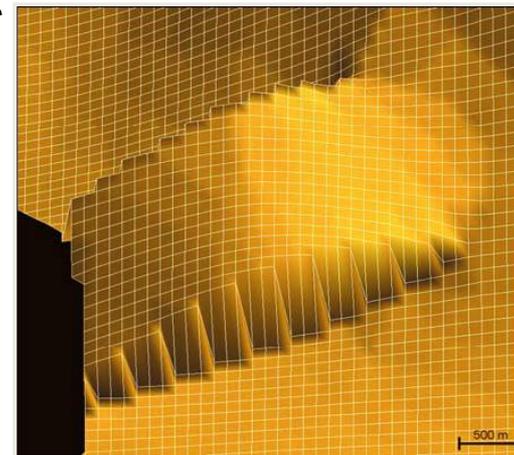
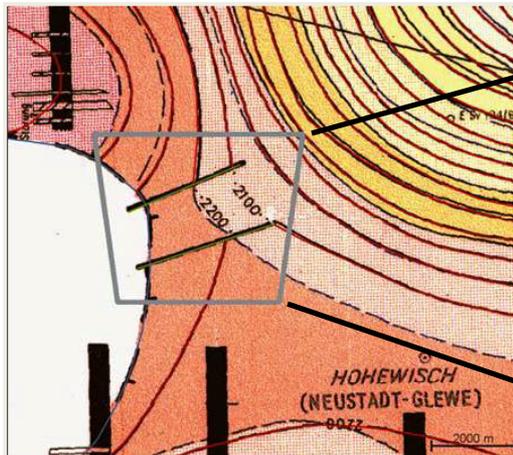
## 3D (Gocad)

- Flächenmodellierung DSI
- Abgleich mit Bohrungen
- Anpassung Blattränder
- Korrekturen
- Konvertierung in 2D-Grid 100 m x 100 m
- Export CPS3-Format



## Visualisierung

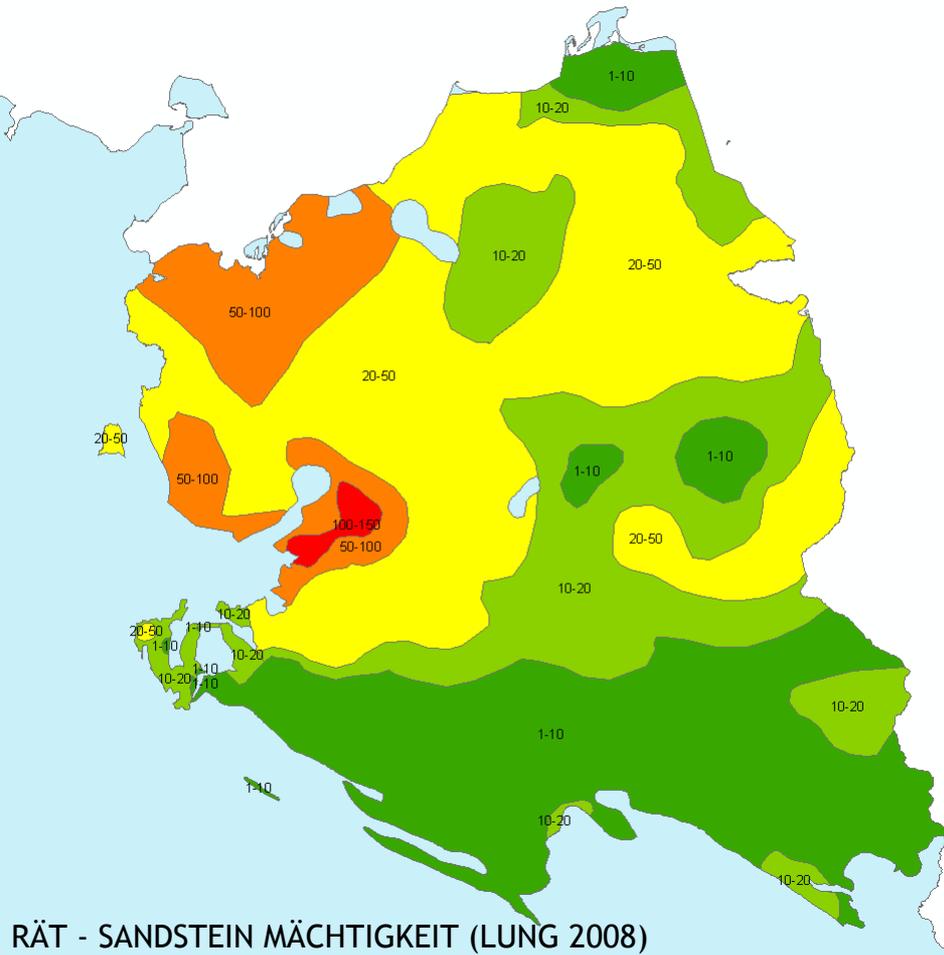
- Tiefenlage & Verbreitung
- Horizontalschnitt
- Vertikalschnitt



Kartenblatt:  
Lias-Basis  
Schwerin/Bad Doberan

# Nordost-Deutschland

## Mächtigkeit der Grundwasserleiter in NO-Deutschland:



- Kumulierte Sandstein-Mächtigkeit
  - Unterkreide
  - Dogger
  - Lias
  - Rät
- Kriging mit ArcGIS®
- Mächtigkeittrends  
Einteilung in 5 Klassen
- Nachbearbeitung der Polygone von Hand

# 3D-Modell Untergrundtemperatur

## Temperaturdaten

- BHT
- Logs, gestört
- Logs, ungestört
- Pumptests
- Bergwerke
- Lagerstätten
  
- Bodentemperatur



## Vertikale Interpolation

- Lineare Interpolation in 100 m Abständen



## Regionale Variographie

- Variogramm Erstellung horizontal + vertikal

|                    | Norddeutschland | Süddeutschland |
|--------------------|-----------------|----------------|
| Logs ungestört     | 570             | 740            |
| Logs gestört       | 560             | 660            |
| Bohrungen BHT      | 4540            | 1230           |
| Bohrungen mit Test | 720             | 270            |
| Lagerstätten       | 830             | <10            |
| Bergwerke          | 300             | 0              |

# 3D-Modell Untergrundtemperatur

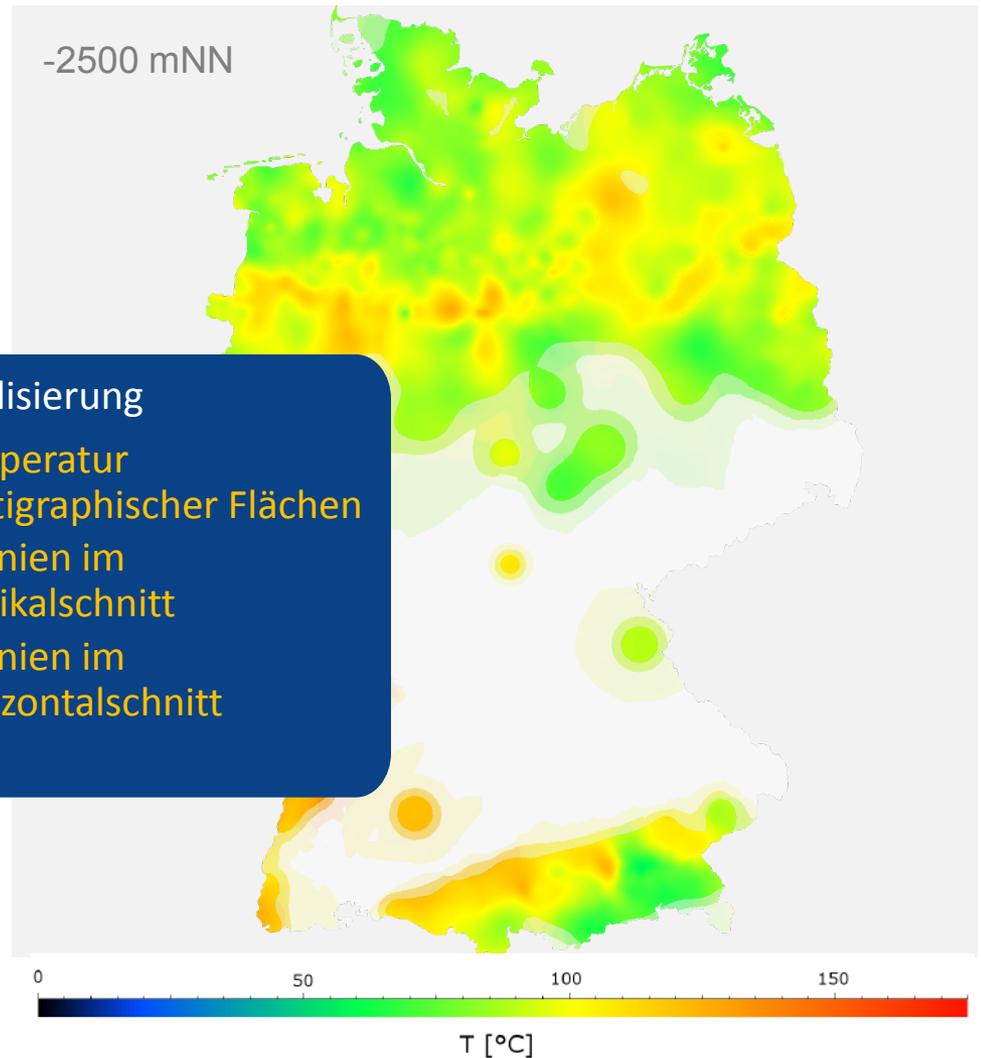
## Kriging - Gocad

- Universal Kriging
  - uvw
  - normal score
  - 2 km x 2 km x 100 m
- Glätten mit DSI
- Projektion auf strat. Flächen
- Export im AVF-Format

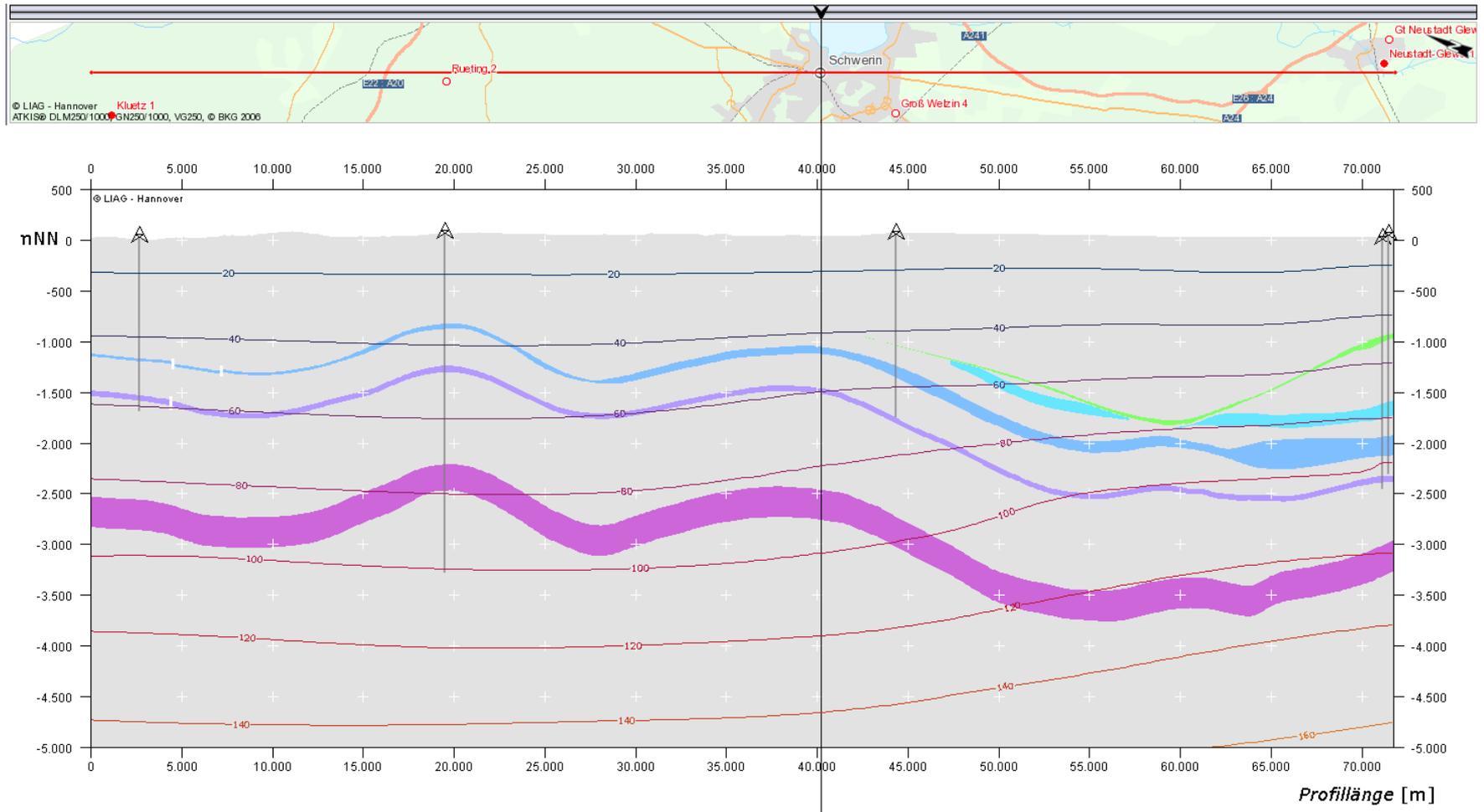


## Visualisierung

- Temperatur stratigraphischer Flächen
- Isolinien im Vertikalschnitt
- Isolinien im Horizontalschnitt

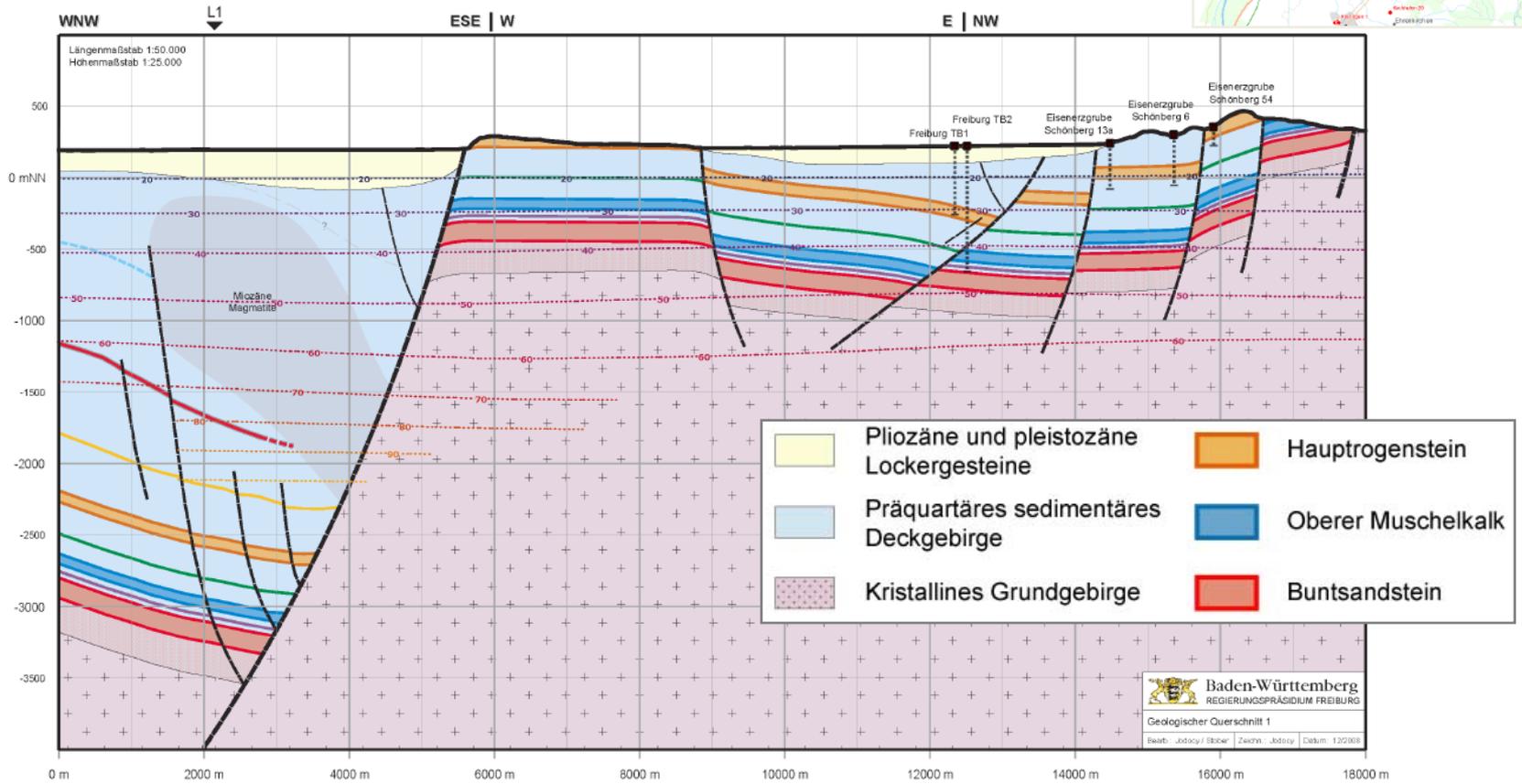
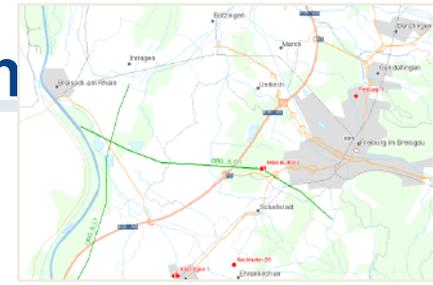


# Vertikalschnitt in Nordost-Deutschland

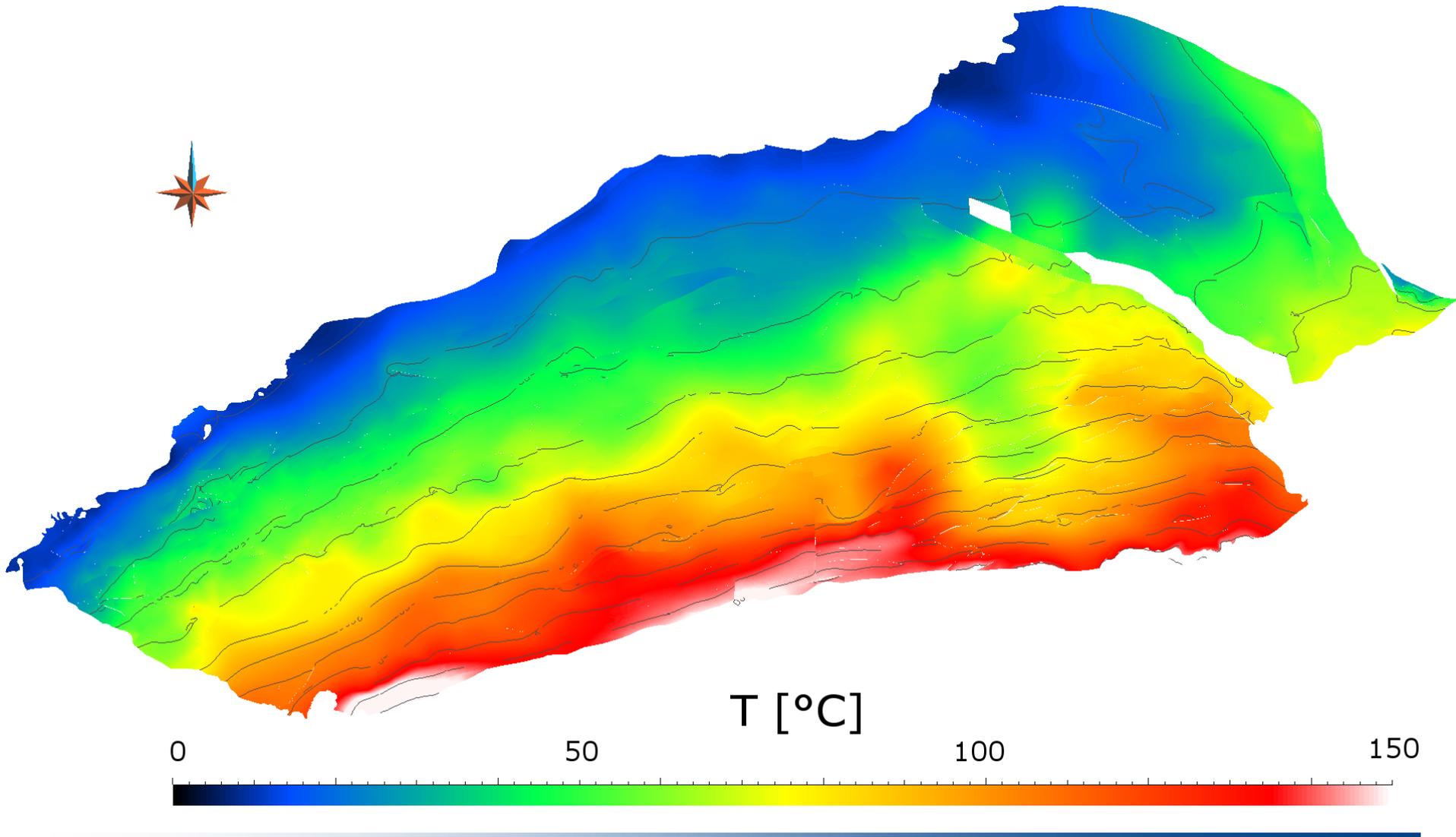


*Frei aufgezogener Schnitt von Grevesmühlen über Schwerin nach Neustadt-Glewe*

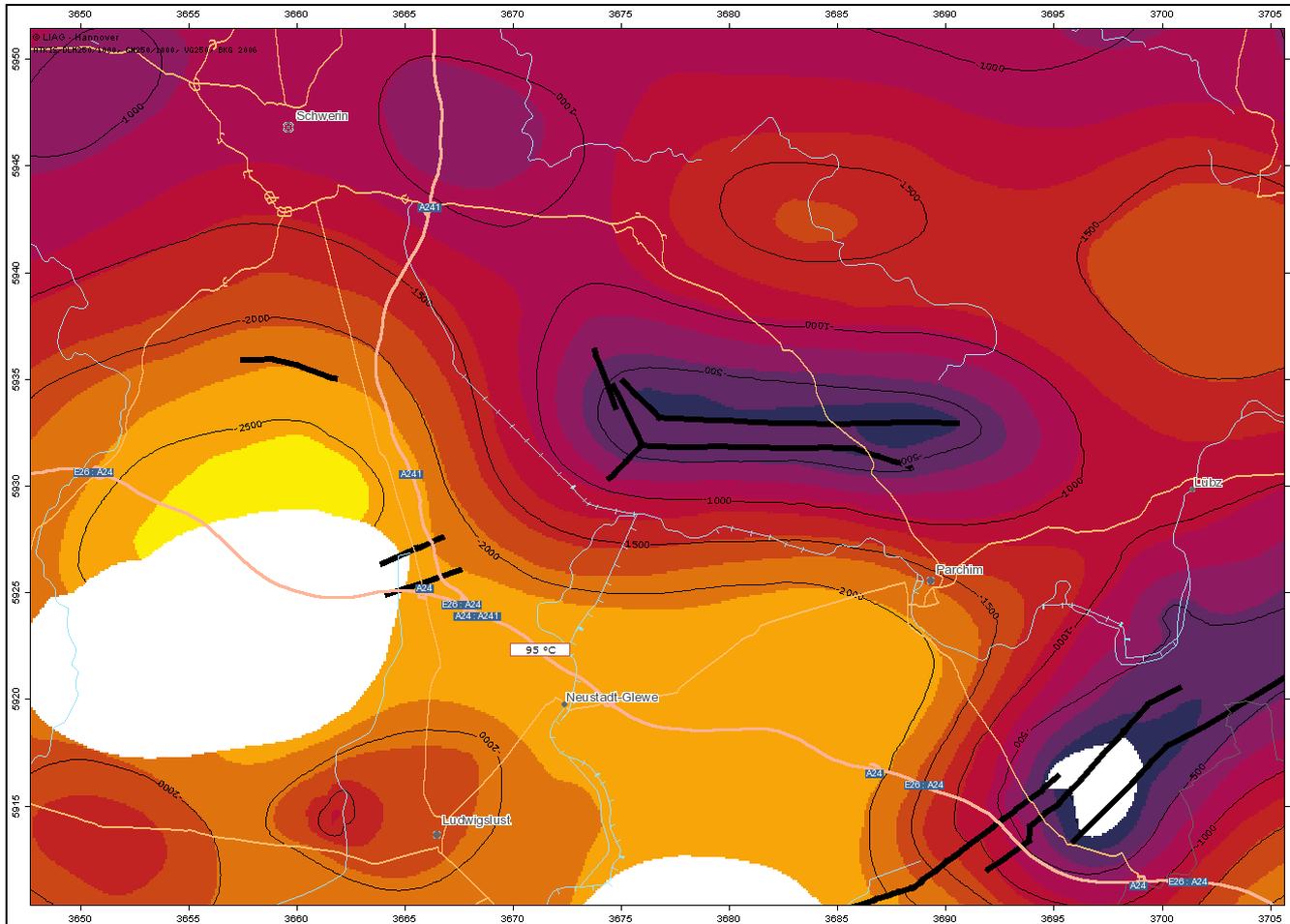
# Tiefe Grundwasserleiter im Oberrheingraben



# Süddeutsches Molassebecken – Temperatur Malm Top



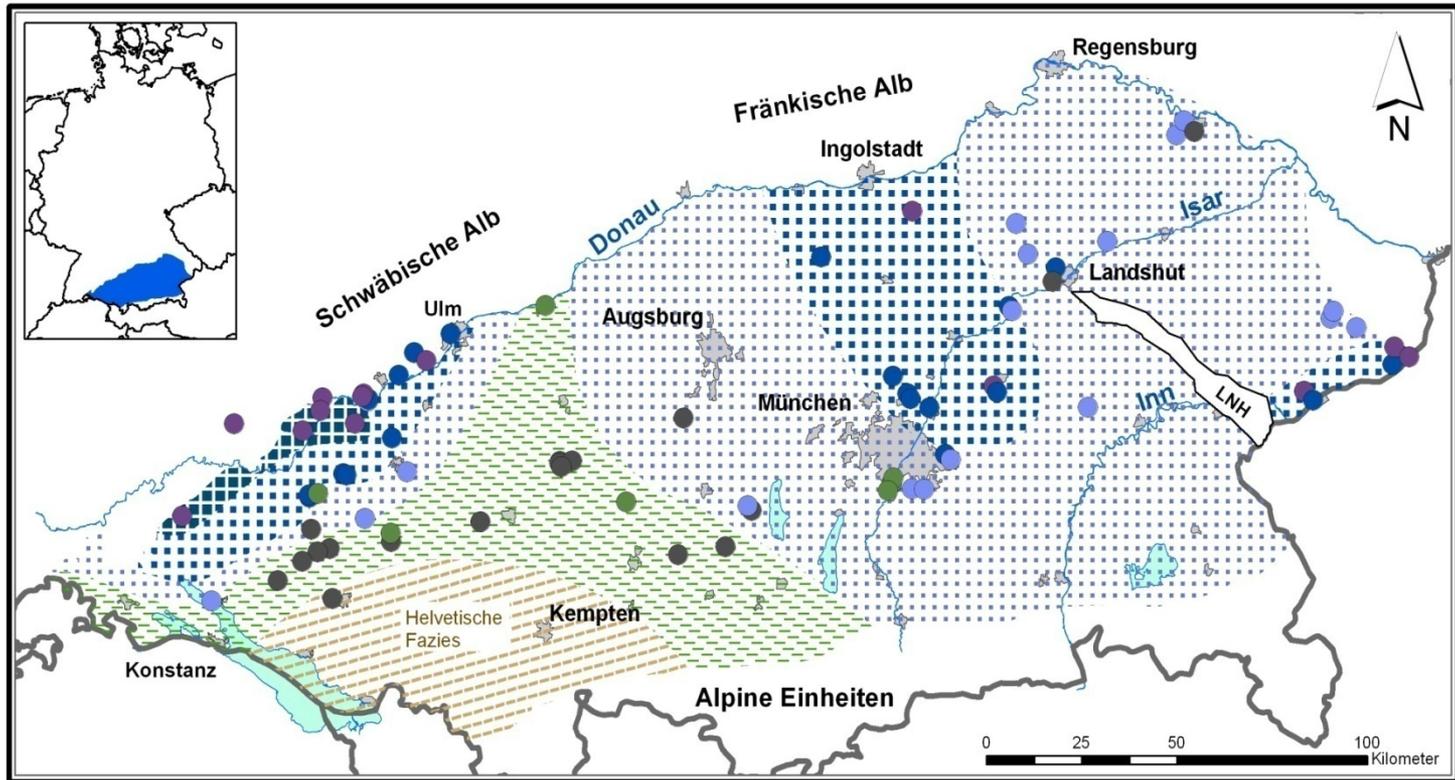
# Nordost-Deutschland – Temperatur Lias Basis



## LIAS (Basis)

- Tiefenlage
- Verbreitung
- Störungen
- Temperatur

# Karte der Gebirgsdurchlässigkeit



Gebirgsdurchlässigkeiten (T/H) des Malm-Aquifers im süddeutschen Molassebecken

Bearb.: Birner / Schneider (Freie Universität Berlin)  
 Jodocy / Stober (Regierungspräsidium Freiburg)  
 Zeichn.: Birner  
 Stand: 03/2009

Gebirgsdurchlässigkeit [m/s] aus Bohrlochinformation

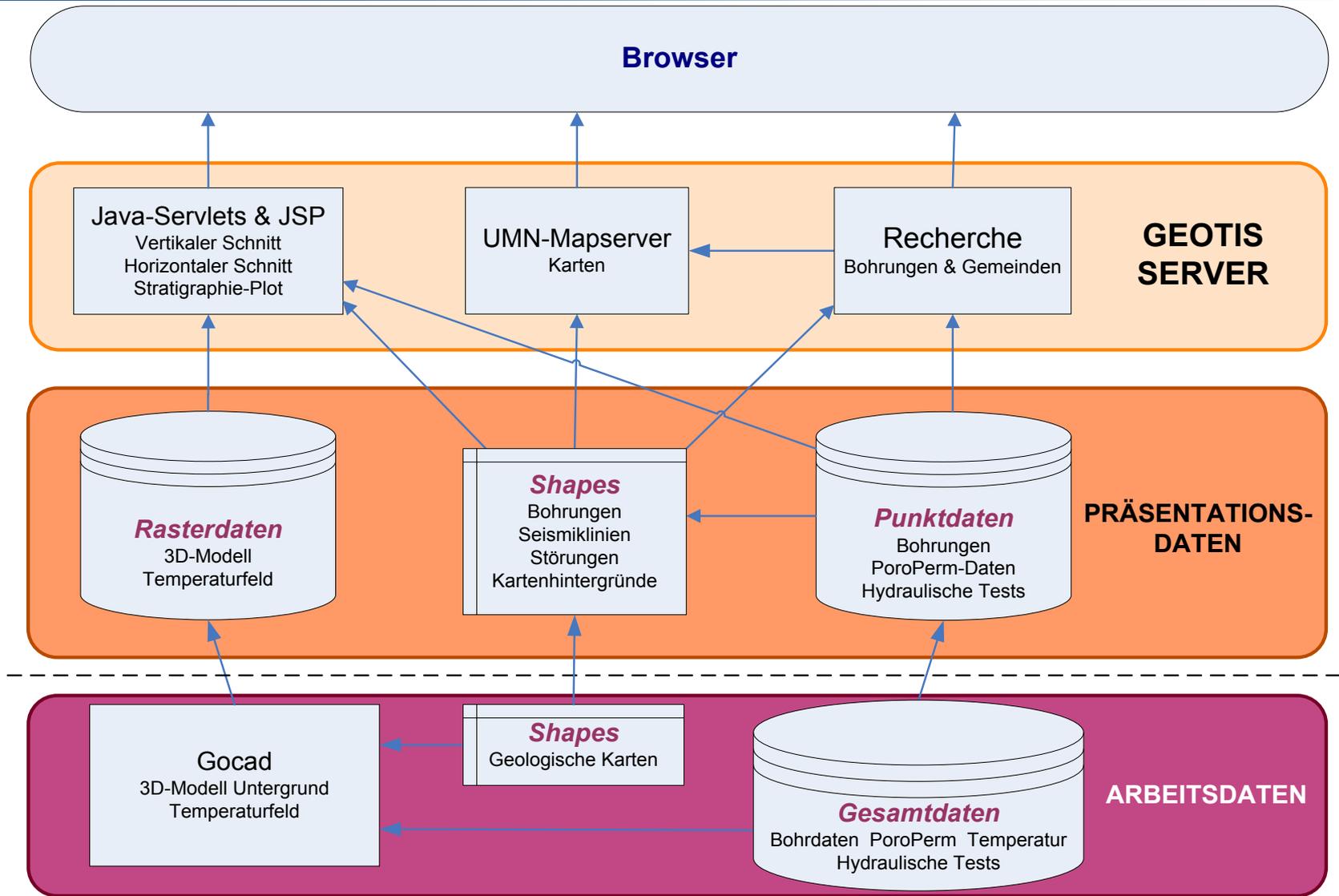
- $10^{-4}$  bis  $10^{-3}$
- $10^{-5}$  bis  $10^{-4}$
- $10^{-6}$  bis  $10^{-5}$
- $10^{-7}$  bis  $10^{-6}$
- $10^{-11}$  bis  $10^{-7}$

Regionale Verteilung der Gebirgsdurchlässigkeiten [m/s] anhand von hydraulischen Testdaten und Lithofazies

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>GW-Leiter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>10^{-4}</math> bis <math>10^{-3}</math> stark durchlässig</li> <li>■ <math>10^{-5}</math> bis <math>10^{-4}</math> durchlässig</li> <li>■ <math>10^{-6}</math> bis <math>10^{-5}</math> durchlässig</li> </ul> | <p><b>GW-Geringleiter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>10^{-11}</math> bis <math>10^{-6}</math> schwach bis sehr schwach durchlässig</li> <li>■ <math>&lt;10^{-8}</math> sehr schwach durchlässig</li> </ul> |
|---|--|

T/H bezogen auf Reservoirtemperatur  
 Einteilung in Anlehnung an DIN 18130

# GeotIS-Architektur



## Open Geospatial Consortium



Kartendarstellung  
(images)



Objektdaten  
(XML)



Rasterdaten  
(...)

*INSPIRE*

## Datenformate:

|         |  |
|---------|--|
| GeoTIFF | Georeferenced Tagged Image File Format (Intergraph)      |
| NITF    | National Imagery Transmission Format (US DoD)            |
| HDF-EOS | Hierarchical Data Format - Earth Observing System (NCSA) |
| netCDF  | Network Common Data Format (UCAR)                        |

## WCS-Abfragen:

- metadata → bounding box, CRS, byte order, ...
- trim → Teilmenge, Ausschnitt
- slice → Teilmenge, Dimension  $n-1$
- error → ungültige Abfrage

### ABER:

- keine diagonalen Vertikalschnitte
- keine Interpolation
- lange Übertragungszeiten → Download-Dienst

# Ausblick

---

*Internetbasiertes Informationszentrum  
für geothermische Energienutzung*

<http://www.geotis.de>

- Neue 3D-Strukturmodelle
- Einbeziehung petrothermaler Nutzung
- Gebirgsdurchlässigkeit für Norddeutsches Becken
- Aktualisierung des Temperaturmodells
- Software-Optimierung
- Neue Abfrage-Optionen
- Umsetzung von Nutzeranforderungen
- Bereitstellung von Daten für die Internationale Energieagentur
- European Energy Research Alliance (EERA)