

GeotIS – aktueller Stand
Projekt StörTief
Gocad-Formate für GeotIS

Thorsten Agemar, Jessica-Aileen Alten, Britta Ganz, Klaus
Kühne, Jörg Kuder, Evelyn Suchi, Josef Weber & Rüdiger Schulz

Förderung und Mitwirkende

Förderung:

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Partner:

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg
- Abteilung Umwelt im Regierungspräsidium Freiburg (RPF)
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)
- Institut f. Angewandte Geowissenschaften, TU Darmstadt
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG), Güstrow
- Freie Universität Berlin (FUB), Arbeitsbereich Hydrogeologie
- Geothermie Neubrandenburg GmbH (GTN)
- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR), Flintbek

Das Konzept GeotIS

Interaktiver und digitaler Geothermie-Atlas im Internet:

1. GEOTHERMISCHE STANDORTE

- Lage von Geothermie-Anlagen
- Betriebsdaten

2. GEOTHERMISCHE POTENTIALE

- hydrothermale Ressourcen
- Untergrunddaten
 - Geologie
 - Temperatur
 - Hydraulik
- Metadaten zu Seismik und Bohrungen

} Reduzierung des Fündigkeitsrisikos

GeotIS Geothermisches Informationssystem für Deutschland

LogIn Links Sitemap Impressum

- Startseite
- Mitarbeiter
- Veröffentlichungen

Geothermische Potentiale

- Projekt
- Partner
- Umsetzung
- Tutorial
- Funktionalität

Geothermische Standorte

- Projekt
- Partner
- Umsetzung
- Tutorial
- Funktionalität

• RSS-Feed

• WMS

• Cookies

Das Geothermische Informationssystem zeigt die Potentiale und Standorte der tiefen Geothermie in Deutschland. Es setzt sich aus zwei eigenständigen Modulen zusammen.

Das Modul **Geothermische Potentiale** bietet eine Zusammenstellung von Daten und Informationen über tiefe Grundwasserleiter in Deutschland, die für eine geothermische Nutzung in Frage kommen. Für das Molassebecken in Süddeutschland, den östlichen Teil des Norddeutschen Beckens, Teile des westlichen Norddeutschen Beckens und Teile Hessens lassen sich Verbreitung, Tiefenlage und Temperatur von relevanten geologischen Formationen darstellen. Die Boden- und die Untergrundtemperatur ist – soweit es die Datenlage zulässt – für ganz Deutschland abrufbar. Darüber hinaus können weitere Fachdaten wie z. B. die Lage von Bohrungen und seismischen Profilen in der Kartenansicht ein- und ausgeblendet werden. Das Modul steht frei zur Verfügung, wobei die Eigentumsrechte an den Basisdaten in geeigneter Weise berücksichtigt werden müssen.

Mit dem Modul **Geothermische Standorte** ermöglicht das Geothermische Informationssystem einen Überblick über geothermische Anlagen, die sich derzeit in Deutschland in Betrieb oder Bau befinden. Zu jeder Anlage lassen sich Details wie zum Beispiel die installierte Leistung oder die durchschnittliche Stromproduktion abrufen. Ab 2011 werden die Energiedaten jährlich dargestellt. Dazu werden Abfragen direkt bei den Betreibern durchgeführt.

Das Geothermische Informationssystem ist ein Werkzeug zur Qualitätsverbesserung bei der Projektierung geothermischer Anlagen und dient der Minimierung des Fündigkeitsrisikos. Im Grunde ist es als digitale Variante eines Geothermie-Atlas zu sehen, der weitgehend maßstabsunabhängig ist und statt in der aktuellsten Auflage zur Verfügung steht. GeotIS gewissermaßen statische Basisdaten als auch neue Erkenntnisse und Ergebnisse werden bereitgestellt und kontinuierlich ergänzt. Trotz der vielen eingehenden Daten kann das Geothermische Informationssystem keine lokale Machbarkeitsstudie ersetzen.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktionsicherheit gefördert. Weiteres Informationsmaterial, Tagungsbeiträge sowie zusätzliche Fachbeiträge über das Geothermische Informationssystem finden Sie unter dem Punkt [Veröffentlichungen](#).

Übersicht über Daten, die für eine hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind

Ausschnitt aus einem 3D-Strukturmodell (oben): Dargestellt sind mesozoische Formationen in der zu 3 in Teil 1 über der Stadt Neudamm.

Darstellung des 3D-Temperaturmodells (oben): Die Untergrundtemperatur wurde auf der Grundlage von In-situ- und geophysikalischen Verfahren bestimmt.

Verteilung der gemessenen Geotemperaturmessungen (T₁₀) für den oberen Muschelkalk in Osnabrücken

IIAG Stand: 14.06.2013

WMS

Geothermische Standorte

Web-Schnittstelle

GeotIS GEOTHERMAL INSTALLATIONS

Germany

Geothermal Potentials

Map window
ATN19@ DLM250/1000, GN250/1000, VQ250, © BKG 2006

Filter sites / **Thermal Filter**
Query for the current map window

Temperature [°C] [] Total capacity [MW_t] []
Flow rate [l/s] [] Geothermal capacity [MW_t] []
Depth [m] [] Annual production [GWh/a] []

Operating Construction
[Star] [Delete]

Reference map

Legend

- Installations with secondary use
- Installations without secondary use
- Electricity generation
- District heating
- Space heating
- Spa
- Potable water
- CO₂-production
- Research
- Other use
- Unused
- Aquifer storage

Layers Open all | Close all

- Installations (20 - 117)
- Electricity generation
- District heating
- Space heating
- Spa
- Greenhouse
- Potable water
- CO₂-production
- Research
- Other use
- Unused
- Aquifer storage
- Permit areas

Information (Operating) (Construction) Temp., flow, depth District utilization

Name	Primary use, secondary use	Total capacity MW _t	Geothermal capacity MW _t	Annual production GWh/a	Location

Scale approx. 1:4.981.000
Easting: 3425484 Northing: 5434639 (Gauss Krueger coordinates)

Geothermische Standorte

Direktwärmenutzung aus vorhandenen und berechneten Werten in der Bundesrepublik Deutschland

Hauptnutzung ⁺	installierte Leistung gesamt	installierte Leistung geothermisch ^{**}	Jahresproduktion geothermisch
Fernwärme	463,0 MW _t	162,7 MW _t	348,7 GWh/a
Gebäudeheizung	10,5 MW _t	4,5 MW _t	7,9 GWh/a
Thermalbad / Balneologie	44,3 MW _t	44,3 MW _t	374,2 GWh/a
Gewächshaus	-	-	-
sonstige	-	-	-
Summe	517,8 MW _t	211,5 MW _t	730,7 GWh/a

Geothermische Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland

Anlagen in Betrieb	installierte Leistung [MW _e]			produzierte Strommenge [GWh/a]		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Bruchsal	0,6	0,6	0,6	0,0	0,0	0,5
Insheim	-	-	5,0	-	-	3,3
Landau	3,0	3,0	3,0	16,6	11,1	13,2
Neustadt-Glewe *	0,2	0,2	-	0,0	0,0	-
Simbach-Braunau	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
Unterhaching	3,4	3,4	3,4	10,9	7,6	8,4
Summe	7,3	7,3	12,1	27,5	18,7	25,4

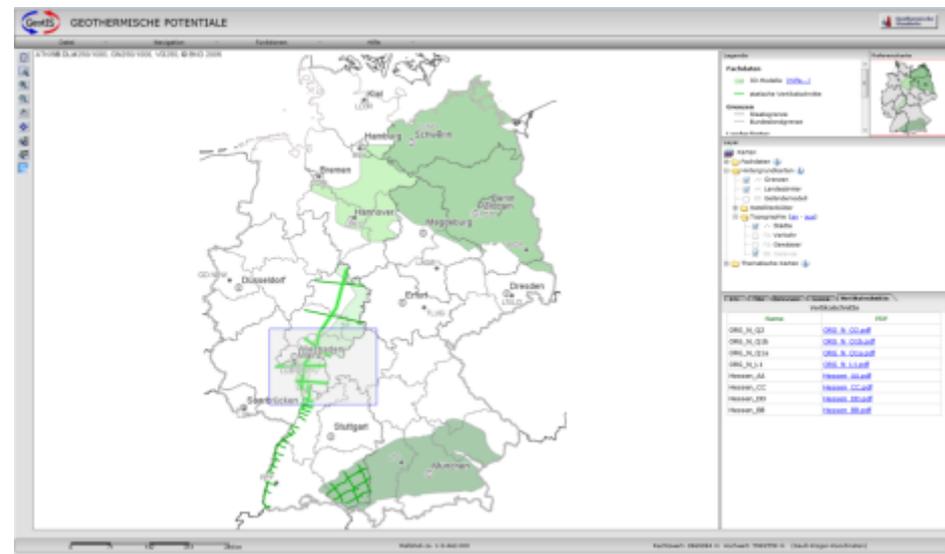
Geothermische Potentiale

- Untergrundtemperatur (seit Januar 2010 für ganz Deutschland)
- Verbreitung und Tiefenlage relevanter Horizonte (stat. Schnitte / 3D-Modellschnitte)
- Gebirgsdurchlässigkeit
- Gesamtmächtigkeit von Grundwasserleitern
- Lage von Seismiklinien und Bohrungen
- Lage von Salzstrukturen

Aber:

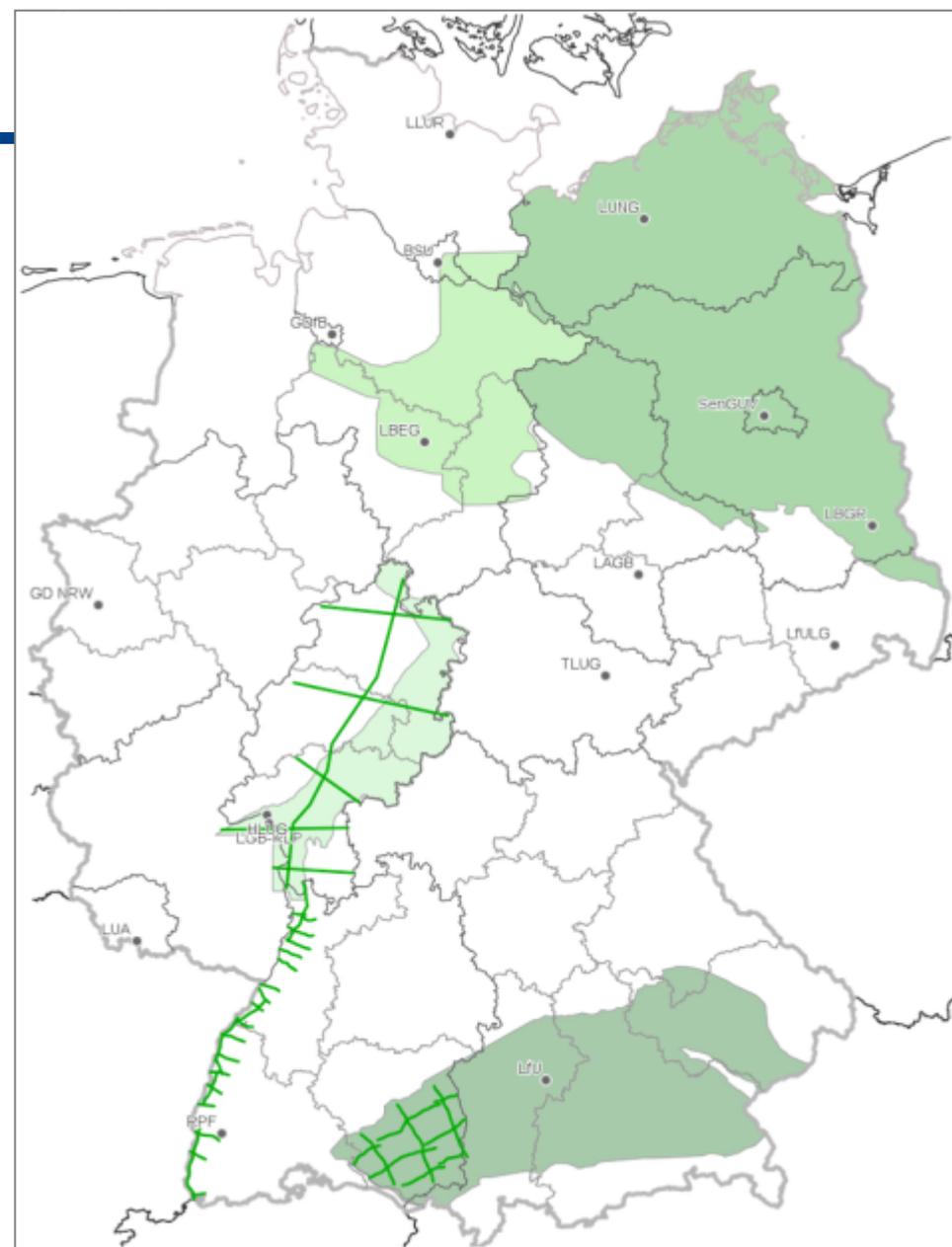
- keine konkrete Standortanalyse
- kein Zugang zu Originaldaten

Web-Schnittstelle



Geothermische Potentiale

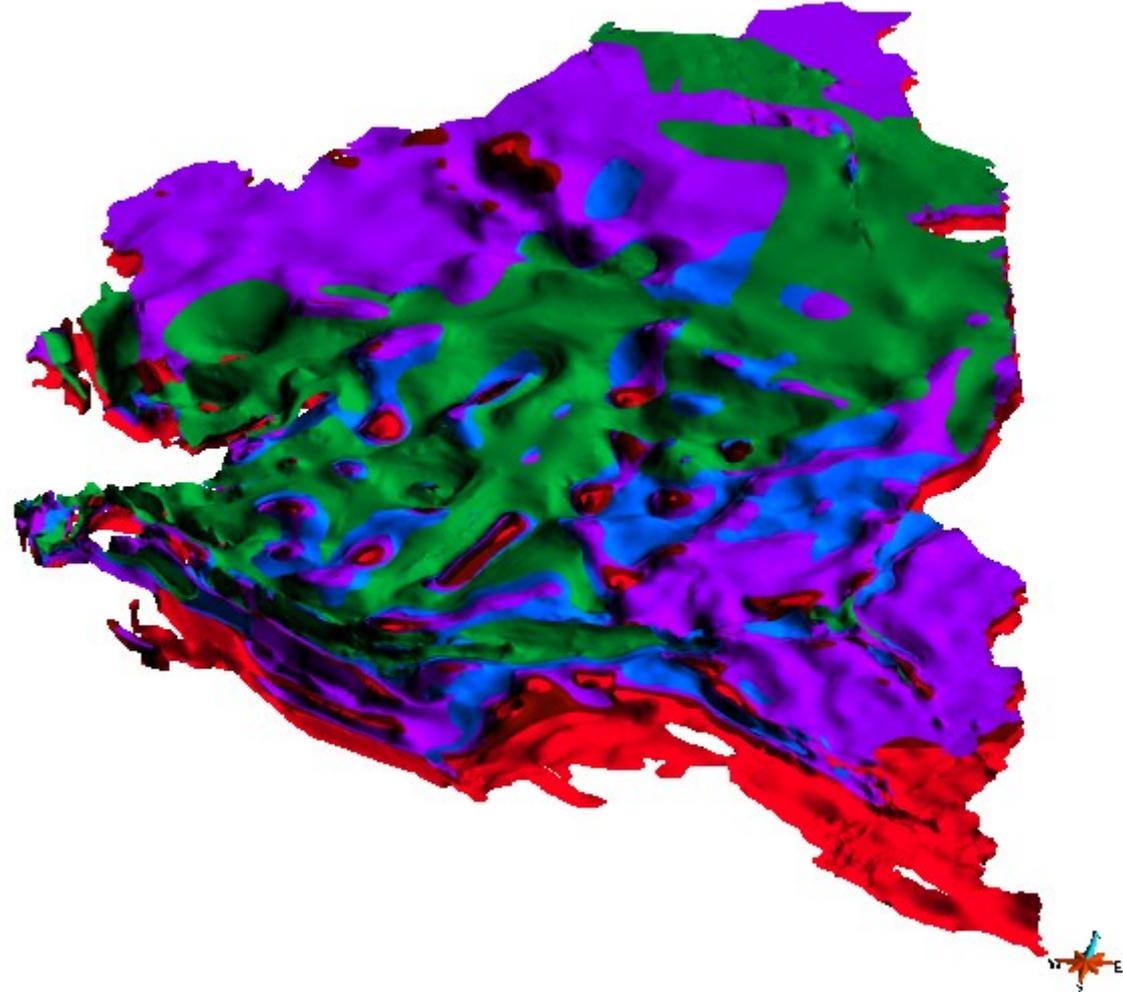
- **Norddeutsches Becken**
 - Westen:
 - Rhät
 - Mittlerer Buntsandstein
 - Unterkreide
 - Osten:
 - Speicherkomplex Lias-Rhät
 - Mittlerer Buntsandstein
 - Unterkreide
 - Dogger
 - Mittlerer Keuper
- **Oberrheinigraben**
 - Oberer Muschelkalk
 - Buntsandstein
 - Rotliegend
 - Hauptrogenstein
- **Süddeutsches Molassebecken**
 - Oberer Jura (Malm)



3D-Strukturmodelle NO-Deutschland

Gocad® -Modell, 5-fach überhöhte Darstellung der Basis-Flächen:

- Unterkreide (**grün**)
- Dogger / Aalen (**blau**)
- Lias (**violett**)
- Rhät*
- Mittlerer Keuper /
Schilfsandstein (**braun**)
- Mittlerer Buntsandstein (**rot**)



Sandstein-Mächtigkeiten

Nordostdeutschland:

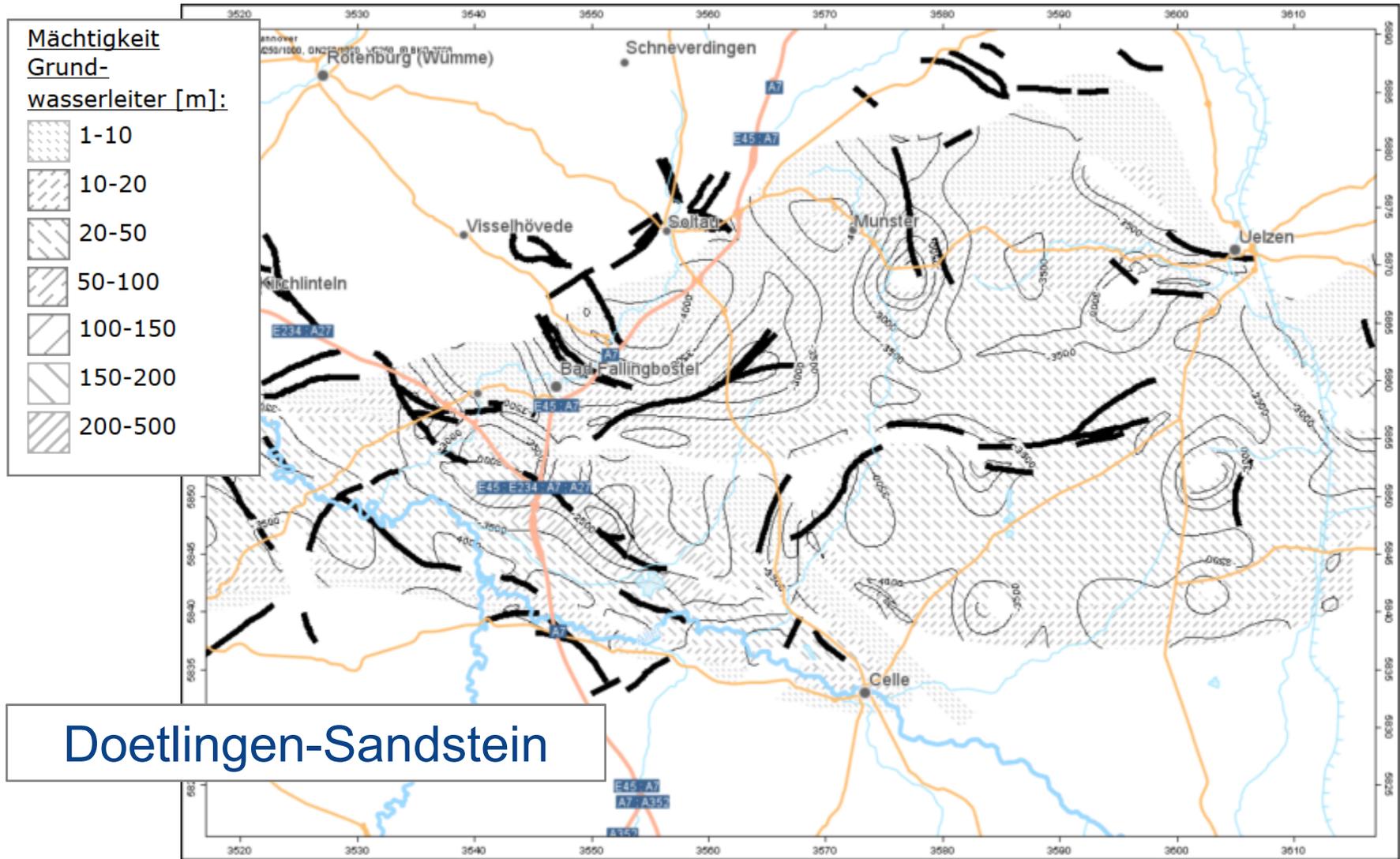
- Unterkreide Sandsteine
- Aalen Sandsteine
- Lias Sandsteine
- Contorta + Postera Sandsteine

Nordwestdeutschland:

- Unterkreide Sandsteine
- Contorta Sandsteine
- Postera Sandsteine
- Doetlingen-Sandstein

Mio. Jahre	Stratigraphie	Lithologie	
Tertiär	Olig.	Rupelton Rupel-Basis-Sande	Sande
	Eozän		Sande/ Sandstein
	Pal.		
Kreide	O.-Kreide		
	U.-Kreide	Unteralb - Hauterive "Wealden"	Sandstein Sandstein
Jura	Malm	Korallenoolith	Karbonatstein, Oolith
	Dogger	Bathon-Bajoc	Sandstein
		Aalen	Sandstein
	Lias	Toarc	Sandstein
		Domer Hettang-Untersinemur	Sandstein Sandstein
Keuper	Ob.	Rhät (Contorta) Rhät (Postera)	Sandstein Sandstein
	Mit.	Schilfsandstein	Sandstein
	Unt.	Lettenkeuper	Sandstein
Buntsandstein	Ob.	Muschelkalk	
	Mit.	Pelitröt-Folge	Sandstein
		Solling-Folge	Sandstein
		Hardegsen-Folge	Sandstein
		Detfurth-Folge Volpriehausen	Sandstein Sandstein
Unt.	Zechstein		

Geothermische Potentiale: Sandstein-Mächtigkeiten

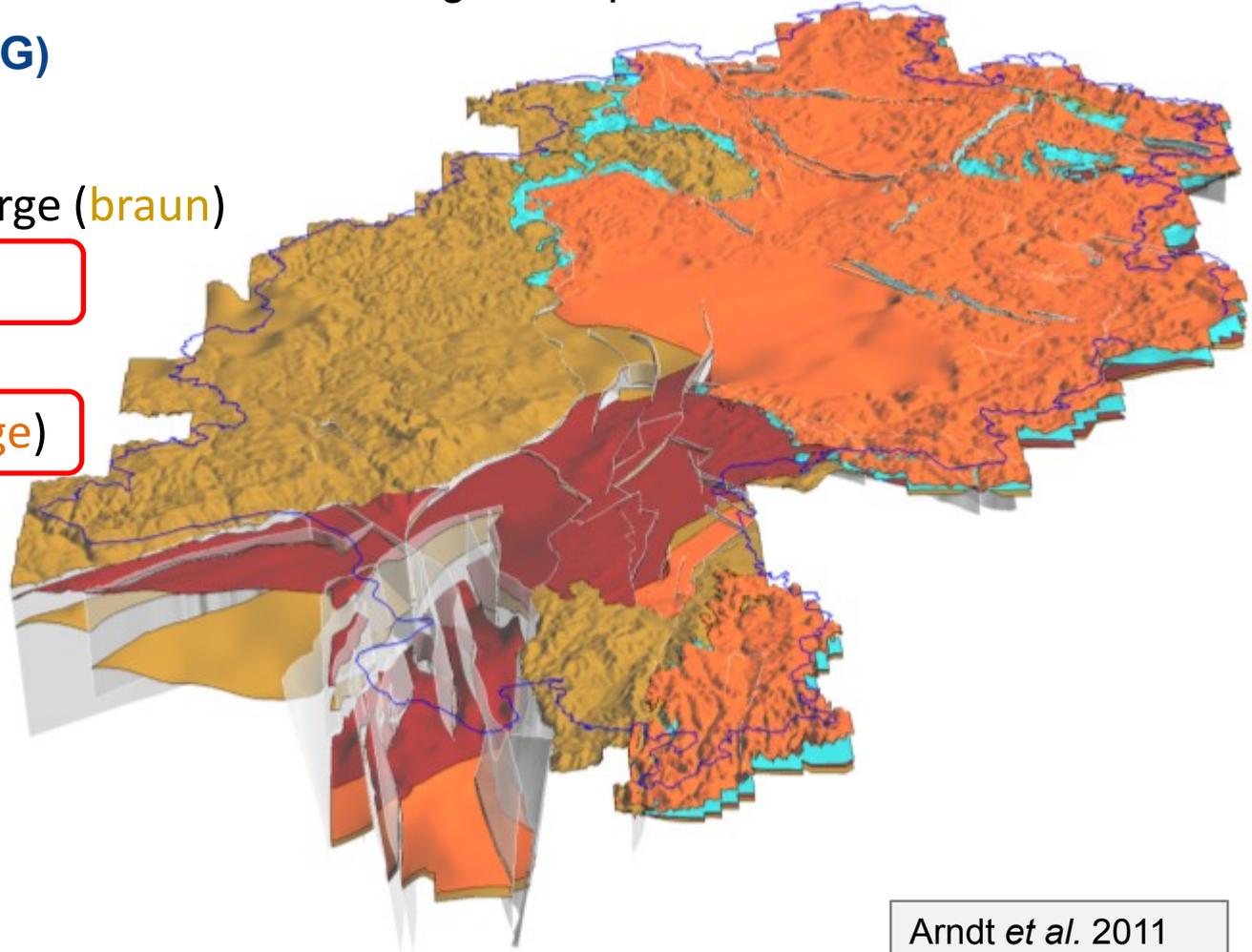


3D-Strukturmodell Hessen

Gocad® -Modell, 5-fach überhöhte Darstellung der Top-Flächen:

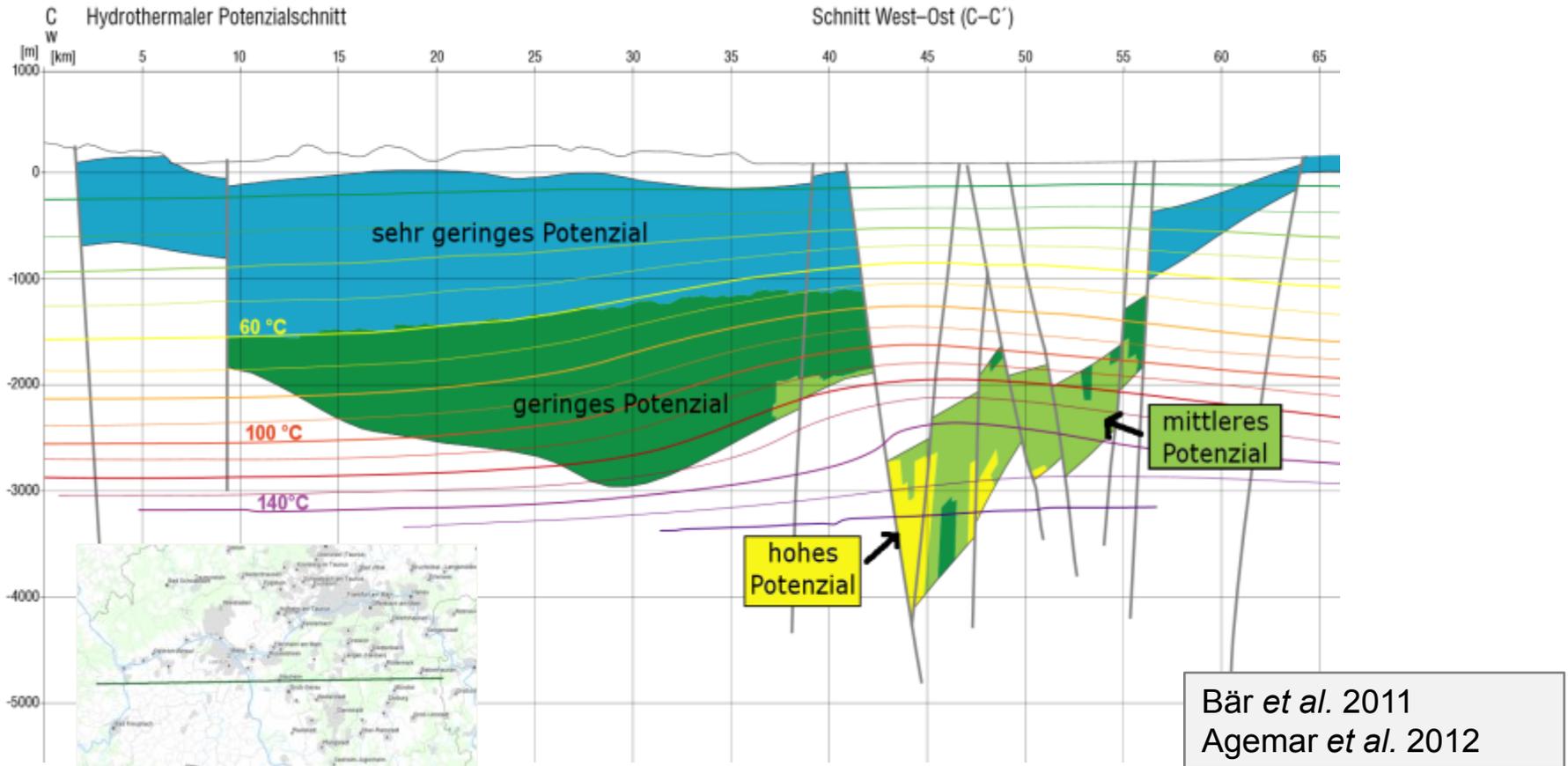
(TU-Darmstadt & HLUG)

- Prä-Perm/Grundgebirge (braun)
- Rotliegend (rot)
- Zechstein (blau)
- Buntsandstein (orange)



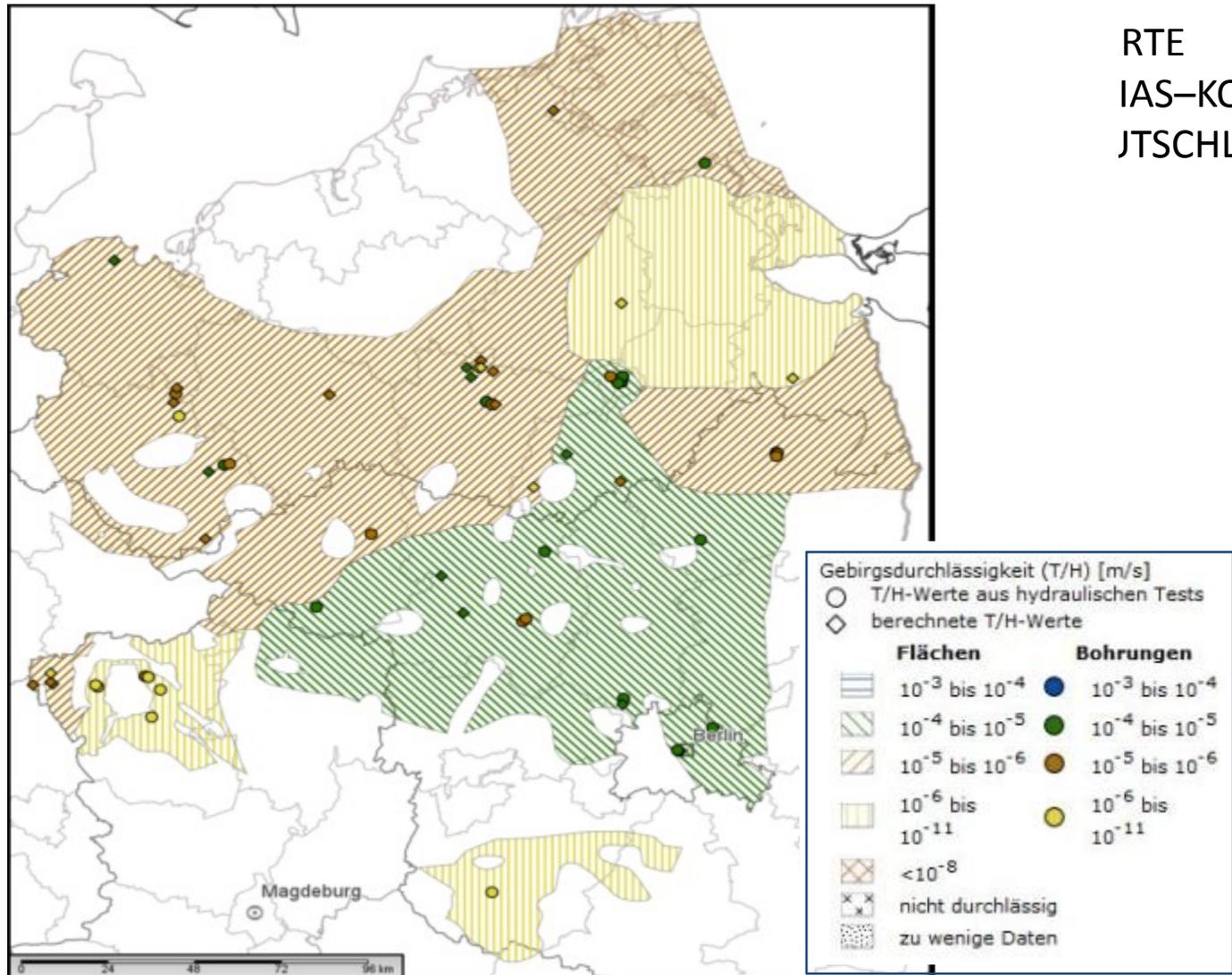
Arndt *et al.* 2011

Profilschnitte durch den Oberrheingraben

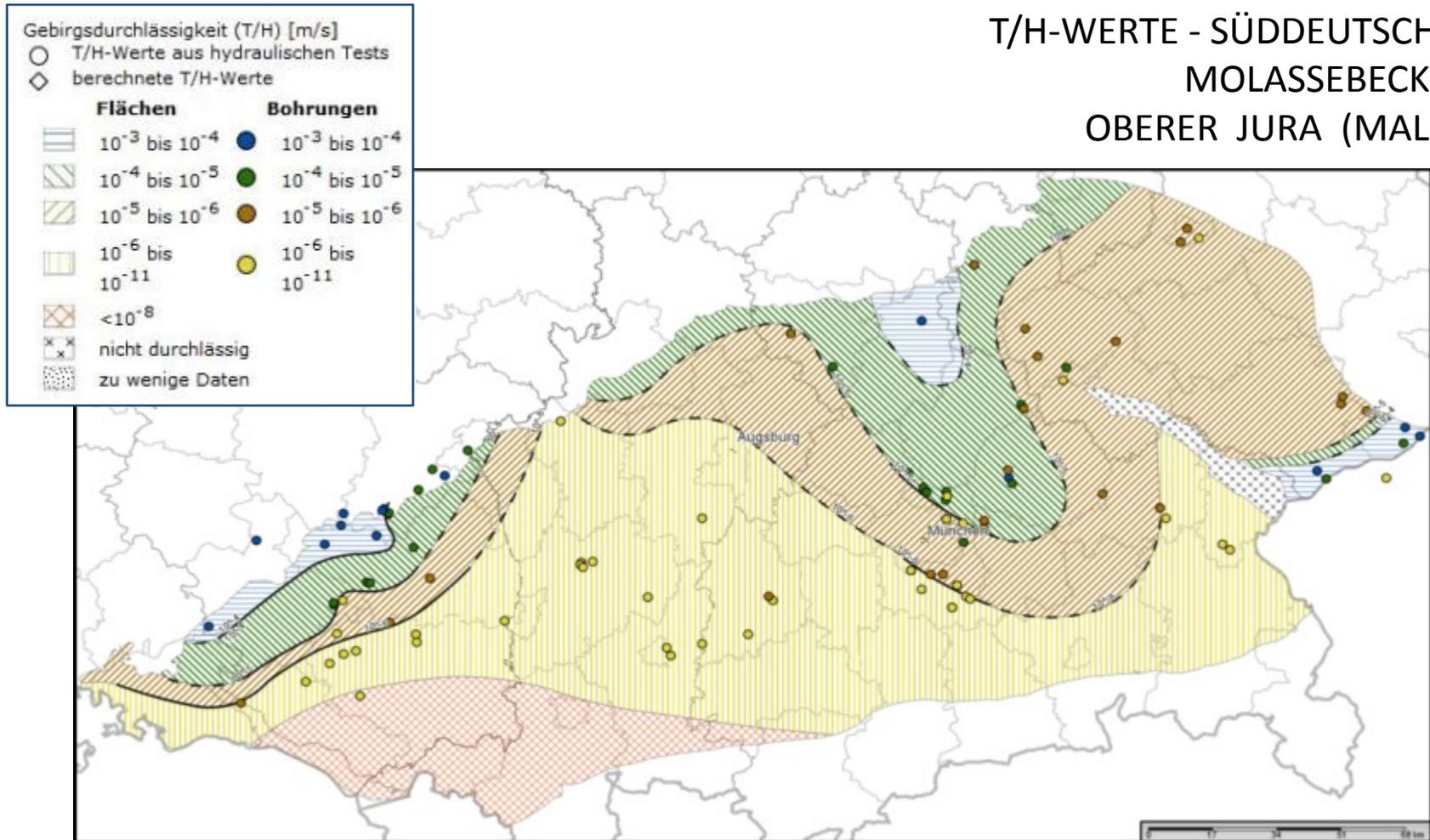


Ausschnitt aus einem Potenzialschnitt durch den Oberrheingraben in Hessen

Gebirgsdurchlässigkeit



Gebirgsdurchlässigkeit



Nach Birner *et al.* (2009)

3D-Modell Untergrundtemperatur

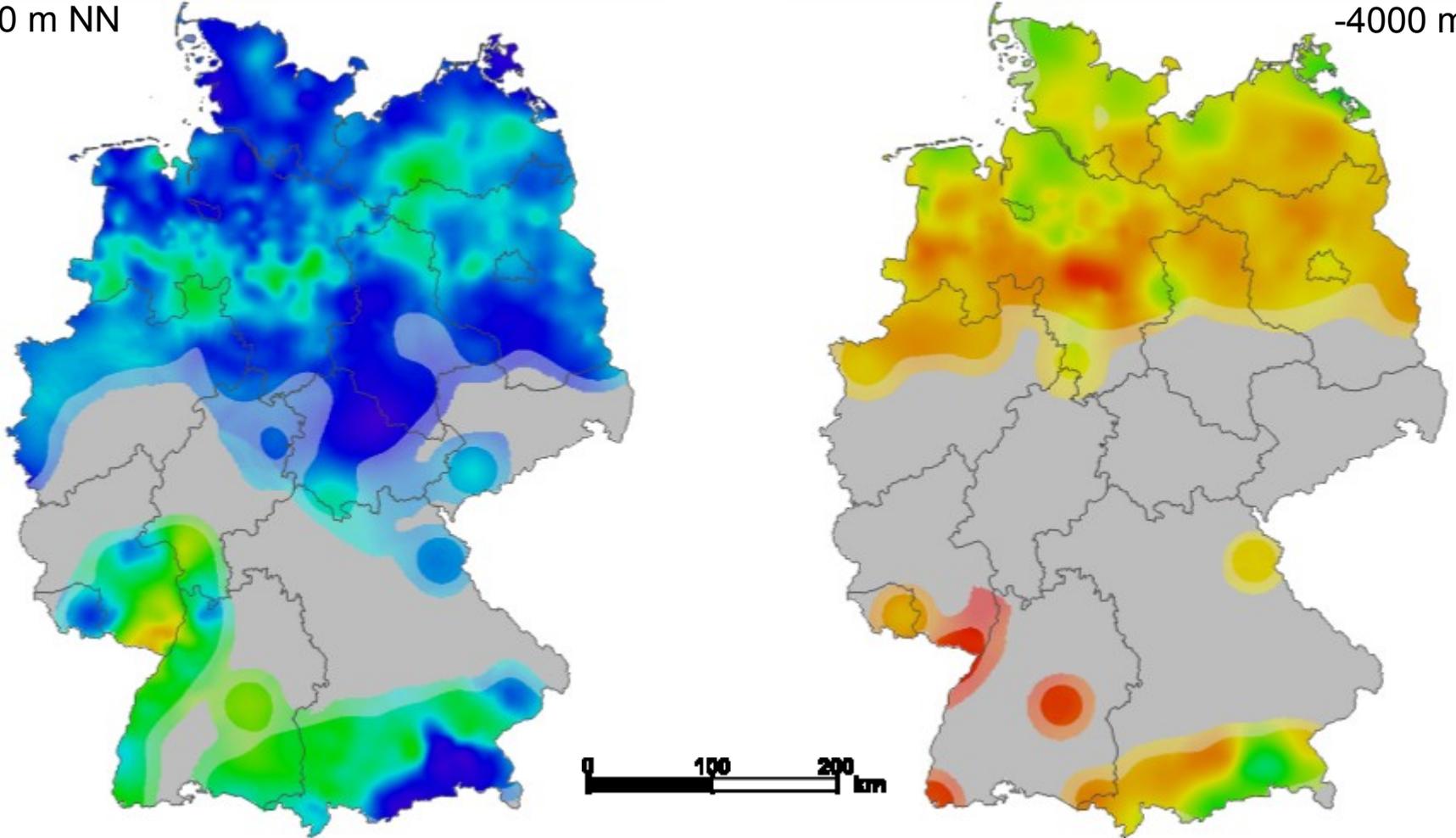


- Aktualisierung Oktober 2013
- ca. 320 neue Bohrungen mit T-Daten
- ca. 11 000 Bohrungen mit T-Daten insgesamt
- davon ca. 7 000 verwendet (Qualitätsfilter)
- seit Dezember in GeotIS verfügbar

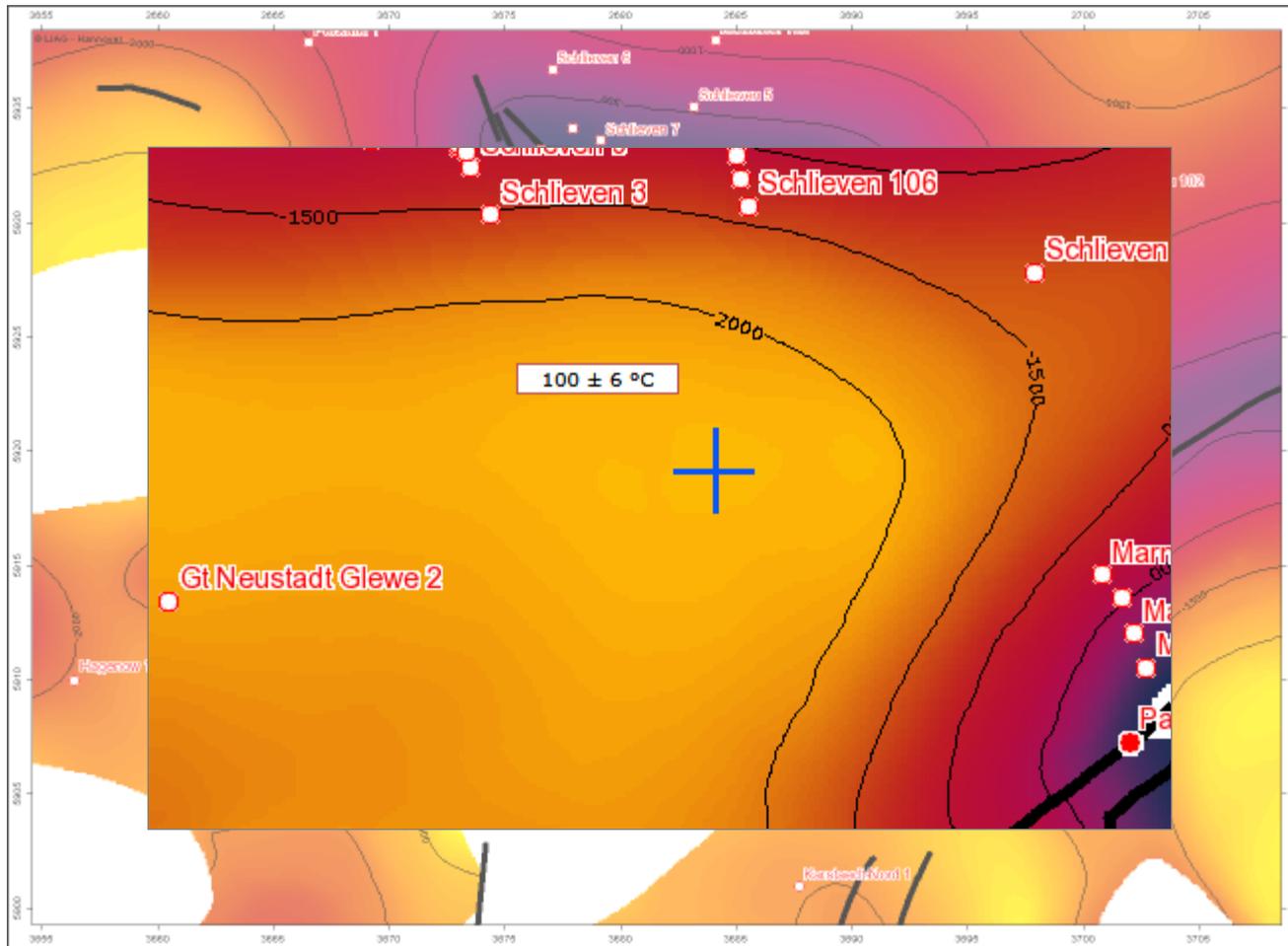
3D-Modell Untergrundtemperatur

-2000 m NN

-4000 m NN



Geothermische Potenziale



LIAS
BASIS

Zusammenfassung GeotIS

- Freier Zugang über das Internet mit Standardbrowser
- Weitgehend maßstabsunabhängig und stets aktuell
- Kompilation von Betriebsdaten geothermischer Anlagen
- Kompilation und Darstellung geowissenschaftlicher Fachdaten
- Geologische Strukturmodelle geothermisch relevanter Horizonte
- Durchgehendes 3D-Temperaturmodell von -5000 m NN bis zur Oberfläche
- Darstellung der Gebirgsdurchlässigkeit
- Zahlreiche Zusatzkarten

→ ***<http://www.geotis.de>***

Ziele von StörTief

Die Rolle von tiefreichenden Störungzonen bei der geothermischen Energienutzung

GeotIS // StörTief

- tiefreichenden Störungzonen genauer in ihrer Geometrie zu erfassen und in 3D-Strukturmodellen darstellen
- geophysikalische und thermisch-hydraulische Eigenschaften von Störungzonen darstellen
- Detektion von tiefreichenden Störungen durch die stereoskopische 3DVisualisierung seismischer Daten optimieren
- neue Visualisierungs-Algorithmen für Störungen in GeotIS entwickeln

StörTief Motivation

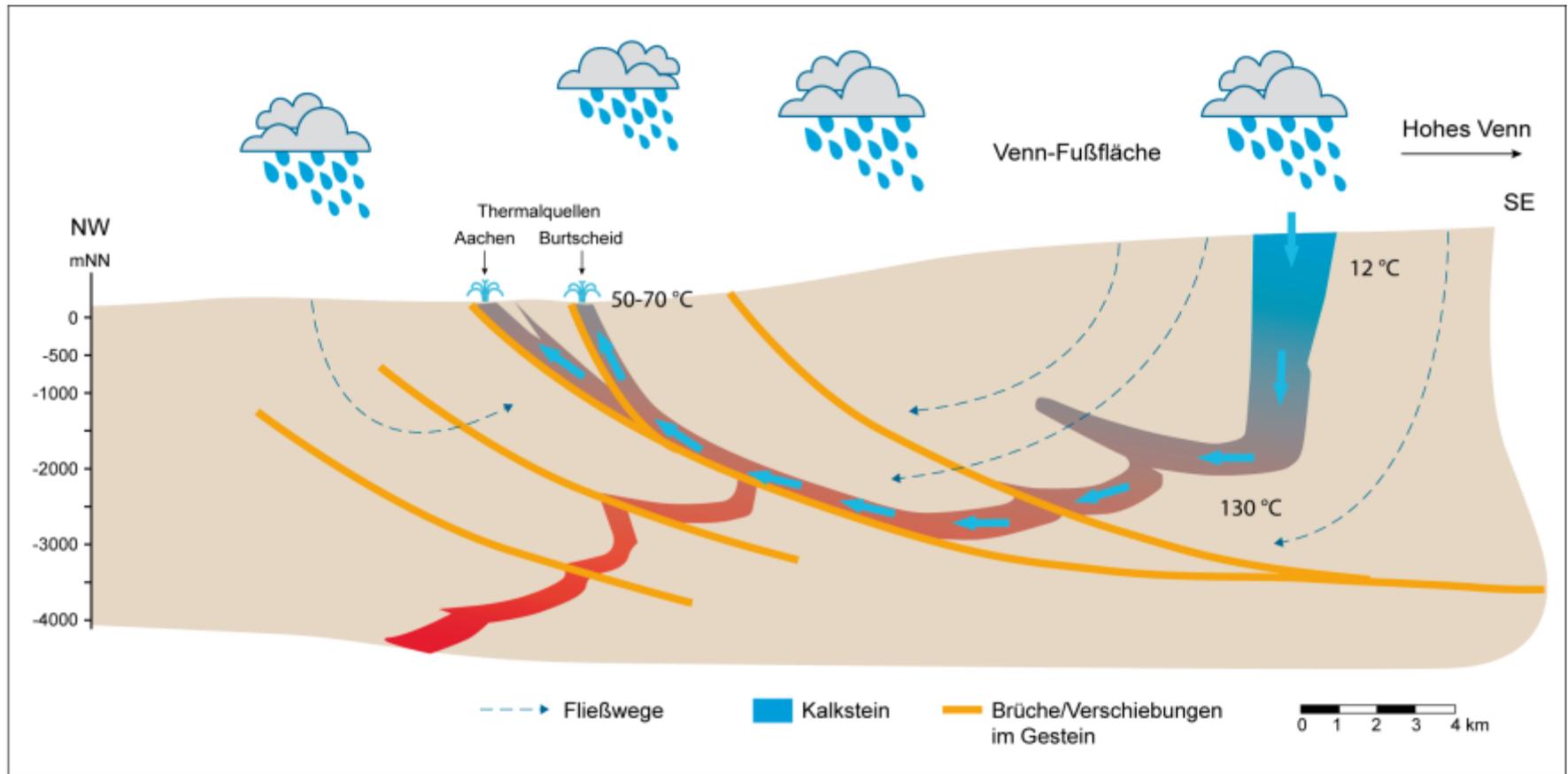
Die Rolle von tiefreichenden Störungzonen bei der geothermischen Energienutzung

GeotIS // StörTief

Hintergrund:

- tiefreichende Störungzonen können erhöhte hydraulische Durchlässigkeit aufweisen
- über Störungen können Grundwasserleiter besser erschlossen werden
- verschiedene heiße Quellen sind an Störungzonen gekoppelt
z. B. Aachener Überschiebung
- Fortschritte in der Bohrtechnik ermöglichen das gezielte Ablenken einer Bohrung, um steil bis vertikal einfallenden Störungen mit relativ hoher Sicherheit zu durchhörtern

StörTief Motivation



©A. Meßling

Beispiel:

Überschiebung bei Aachen und Burtscheid

schematische Darstellung der Entstehung von Thermalquellen

StörTief Motivation



Beispiel:

Stuoragurra Störung

post-glaziale Überschiebung in Nord-Norwegen

Grundwasseraustritt nach einem Erdbeben der Magnitude 4

Dehls et al. 2000

Arbeitspakete von StörTief

Die Rolle von tiefreichenden Störungszonen bei der geothermischen Energienutzung

GeotIS // StörTief

- detailliertes 3D-Strukturmodell im Bereich des Norddeutschen Beckens auf Grundlage von 2D/3D-Seismik, Bohrprofilen etc. (LIAG)
- Integration neuer Fazieskarten im Bereich des Norddeutschen Beckens (GTN, TU-Freiberg)
- 3D-Strukturmodell Glückstadtgraben und Charakterisierung geothermischer Zielformationen (LLUR)
- Erfassung und Erkundung tiefreichender Störungen in SW-Deutschland. Kartierung der Geometrie, Mächtigkeit und Alter von Störungszonen inkl. Kompressions- und Dekompressionsstrukturen. (KIT)
- Stereoskopische 3D-Visualisierung seismischer Daten zur Detektion von tiefreichenden Störungen (LIAG, IAIS)
- Internationale Zusammenarbeit im Rahmen des „Geothermal Implementing Agreement“ der Internationalen Energieagentur. (LIAG)

Die Rolle von tiefreichenden Störungszonen bei der geothermischen Energienutzung

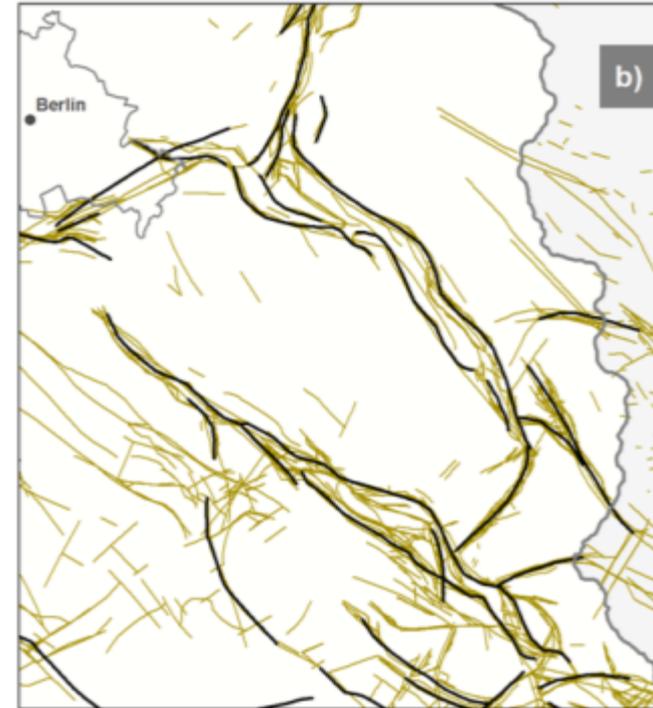


- Charakterisierung von Störungssystemen: Versatz, Einfallen, Lithologie, Art der Störung oder der damit verbundenen Struktur, Aktivitätsphasen, Orientierung zum heutigen Spannungsfeld, Konnektivität. (Fortführung „Geothermie-Atlas“) Zusammenhang zwischen Thermalwasserquellen / Geothermie Standorten und Störungszonen (LIAG)
- geophysikalische Charakterisierung von Störungszonen. Mikroseismizität durch Geothermie-Anlagen im Bereich von Störungszonen. (LIAG)
- Neuberechnung des geothermischen Potenzials von Störungszonen (LIAG)
- neue Visualisierungs-Algorithmen in GeotIS (LIAG)
- Erweiterung und Anpassung des GeotIS an die aktuelle technische Entwicklung, sowie die Verbesserung der Benutzerschnittstellen. Steigerung der Interoperabilität mit anderen Web-Map-Services. 3D-Darstellung in Browsern ohne zusätzliche Plugins. Responsive Design (anpassungsfähiges Web-Layout, z. B. für Tablets). (LIAG)

Charakterisierung von Störungssystemen

- 916 Störungslineare wurden erfasst und generalisiert
- Vergleich von verschiedenen geologischen Kartenwerken derselben Region
- Mindestlänge 5 km
- Zusammenfassung regionaler Störungen in bis zu 5 km Entfernung
- horizontale Versätze von < 1 km bleiben unberücksichtigt

Präperm bis Tertiär



— generalisierte Störungszone
Stratigraphischer Horizont der Störungen (SPBA)
— Präperm bis Tertiär

0 50 km

SPBA (DOORNENBAL & STEVENSON, 2010);
SCHULZ et al. (2013)

Charakterisierung von Störungssystemen

Literaturdatenbank

518 Titel bis jetzt aufgenommen

Verknüpfung über CC-Blattnummern

mit Störungslinearen

Identify

Identify from: Störungen (generalisiert)

Störungen (generalisiert)
Marienburg-Wienhausen-Störungszone

Location: 9°59'4,581"E 52°23'53,425"N

Field	Value
Anzahl_GÜE	2
Bemerkung	
Code_Nr	5z1212
FID	834
GUEK200_1	CC3918
GUEK200_2	CC3926
GUEK200_3	
GUEK200_4	
GUEK200_5	
GUEK200_Bl	CC3918 (Hannover); CC3926 (Braunschweig)
Horizont	
ID_Nr	855
Kategorie	Socketstörungen
Laenge_km	57
Name	Marienburg-Wienhausen-Störungszone
Quelle	Brückner-Röhling et al. (2002)
Shape	Polyline
Streich_°	34
Streichen	NE - SW

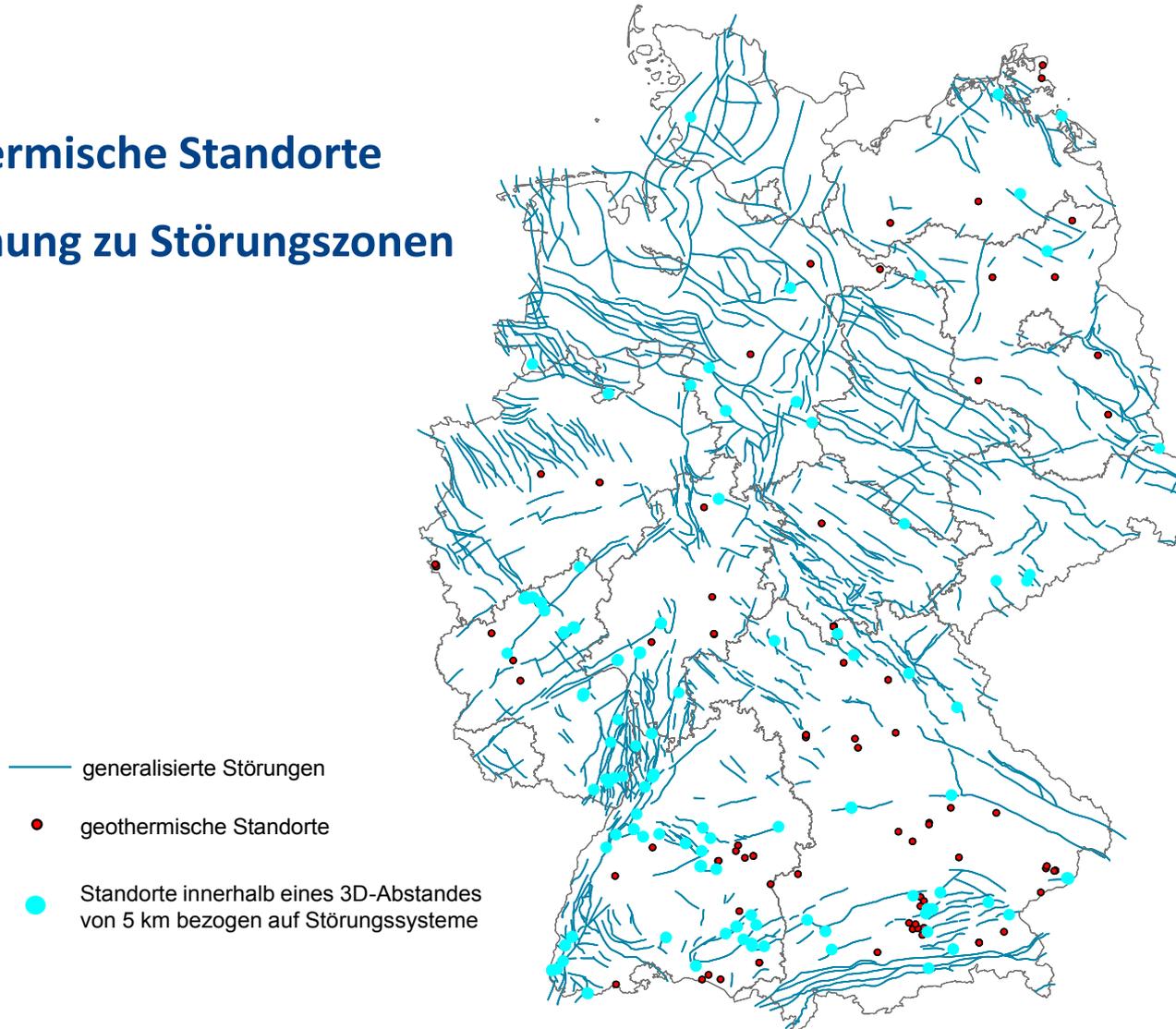
Identified 1 feature

The image shows a GIS application interface with a map of geological faults in the Marienburg-Wienhausen area. Two PDF windows are overlaid on the map, displaying a literature index for geological faults (GÜE) for map sheets CC 3918 and CC 3926. The PDF windows show a list of references, including works by Achilles (1982), Baldschuhn et al. (2001, 1996, 1999), Behlau & Mingerzahn (2001), Benek & Paech (1974), Benox et al. (1997), Best (1996), and BGR (1998).

Charakterisierung von Störungssystemen

Geothermische Standorte

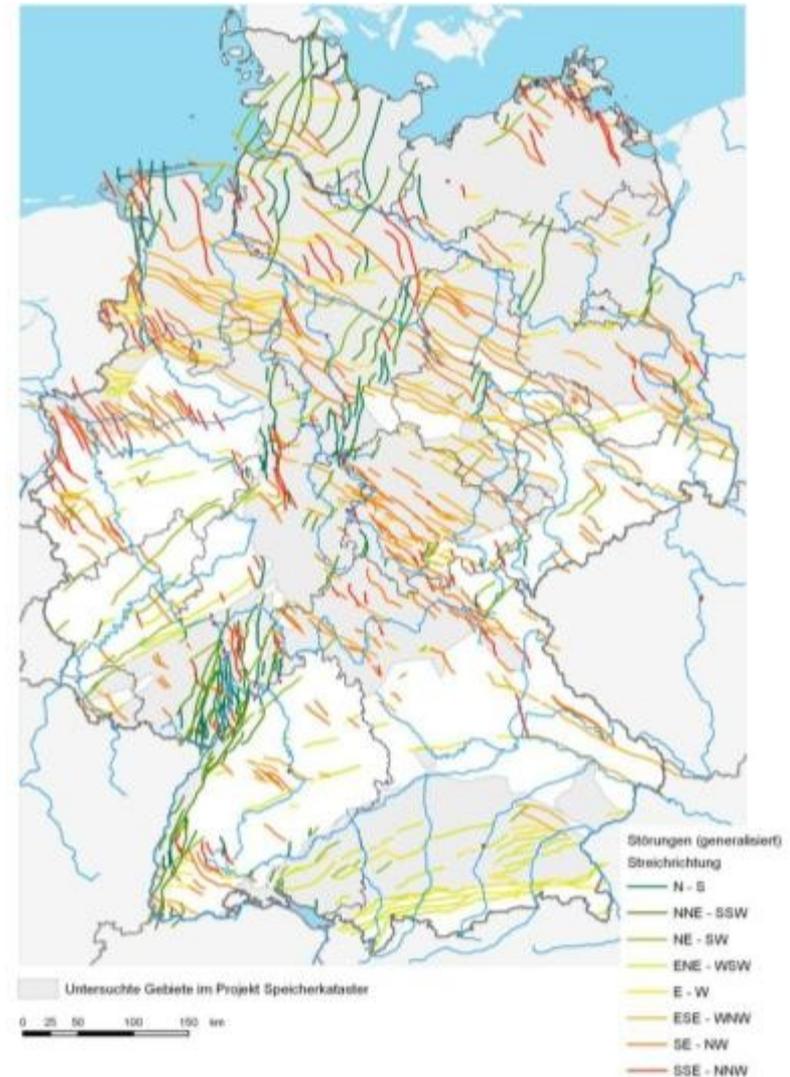
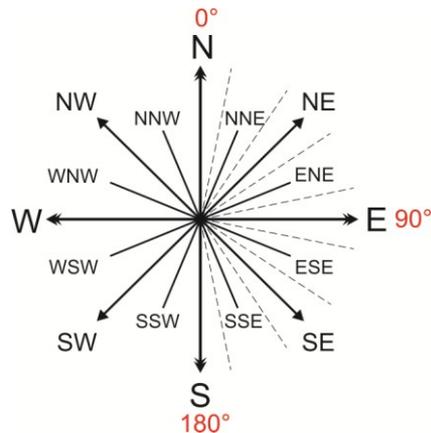
Entfernung zu Störungssystemen



Charakterisierung von Störungssystemen

Attributierung der Störungslineare:

- Code Nr.
- Kategorie, Horizont
- Name der Störungszone
- Quelle
- Länge, Streichrichtung
- GÜK200-Blatt



Charakterisierung von Störungssystemen

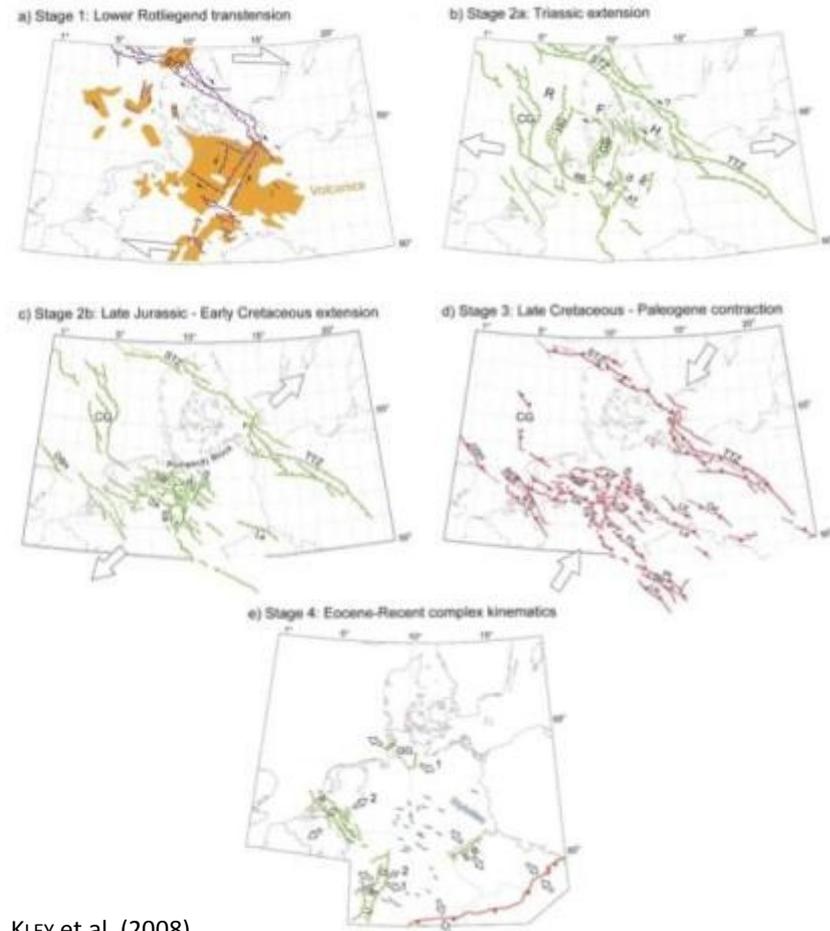
Streichrichtung der Störungslineare:

Die Tiefenstörungen in Deutschland weisen vor allem drei Richtungen auf:

- ein Streichen in NW-SE-Richtung (Richtung $150-160^\circ$)
- ein Streichen in NNE-SSW-Richtung (Richtung $20-30^\circ$)
- ein Streichen in W-E-Richtung (Richtung $60-90^\circ$)

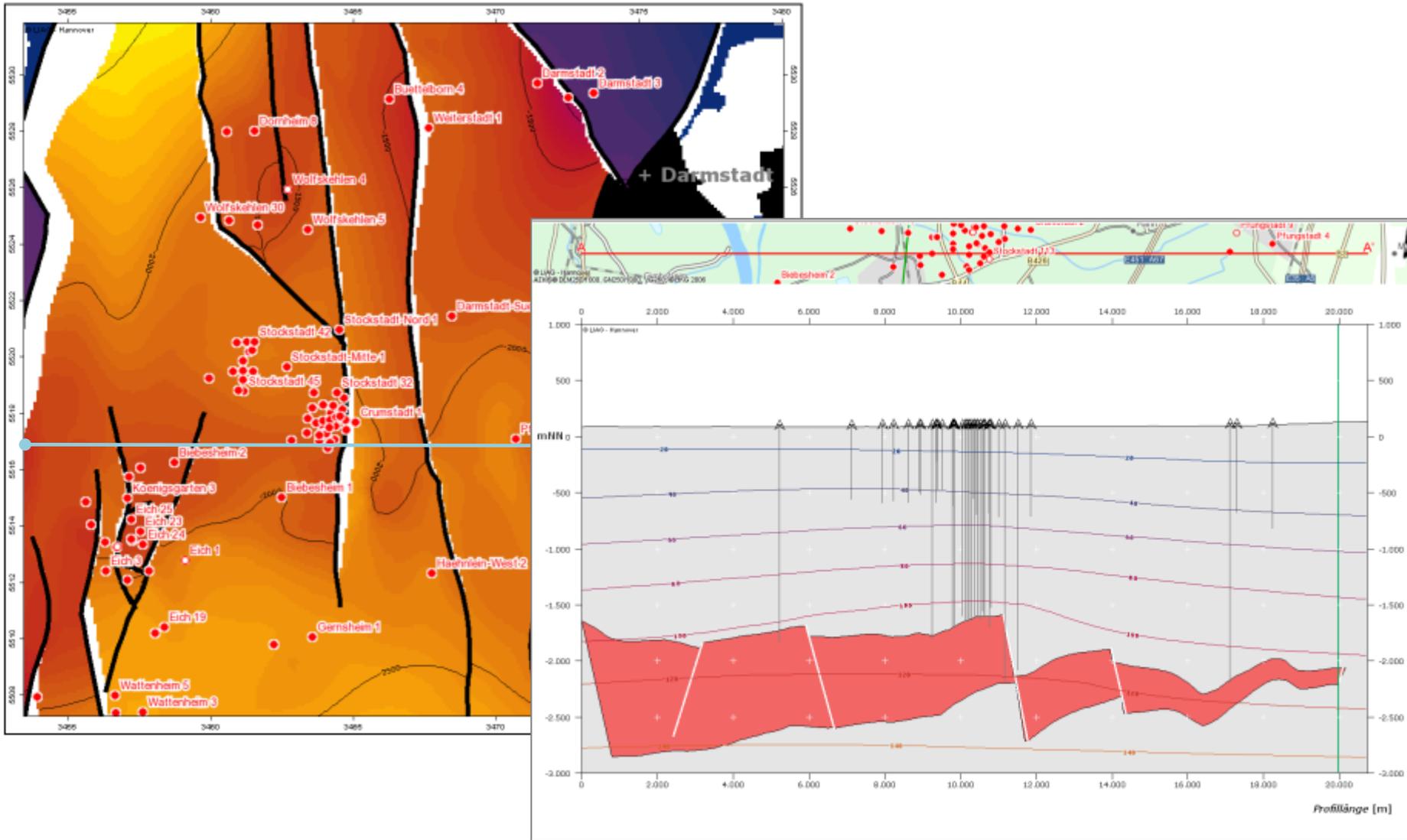
Wegen ihrer günstigen Orientierung in Bezug auf das heutige Spannungsfeld bieten die Störungen mit den ersten beiden Richtungen eine größere Chance für höhere Transmissibilitäten.

Wechsel der Spannungsfelder



KLEY et al. (2008)

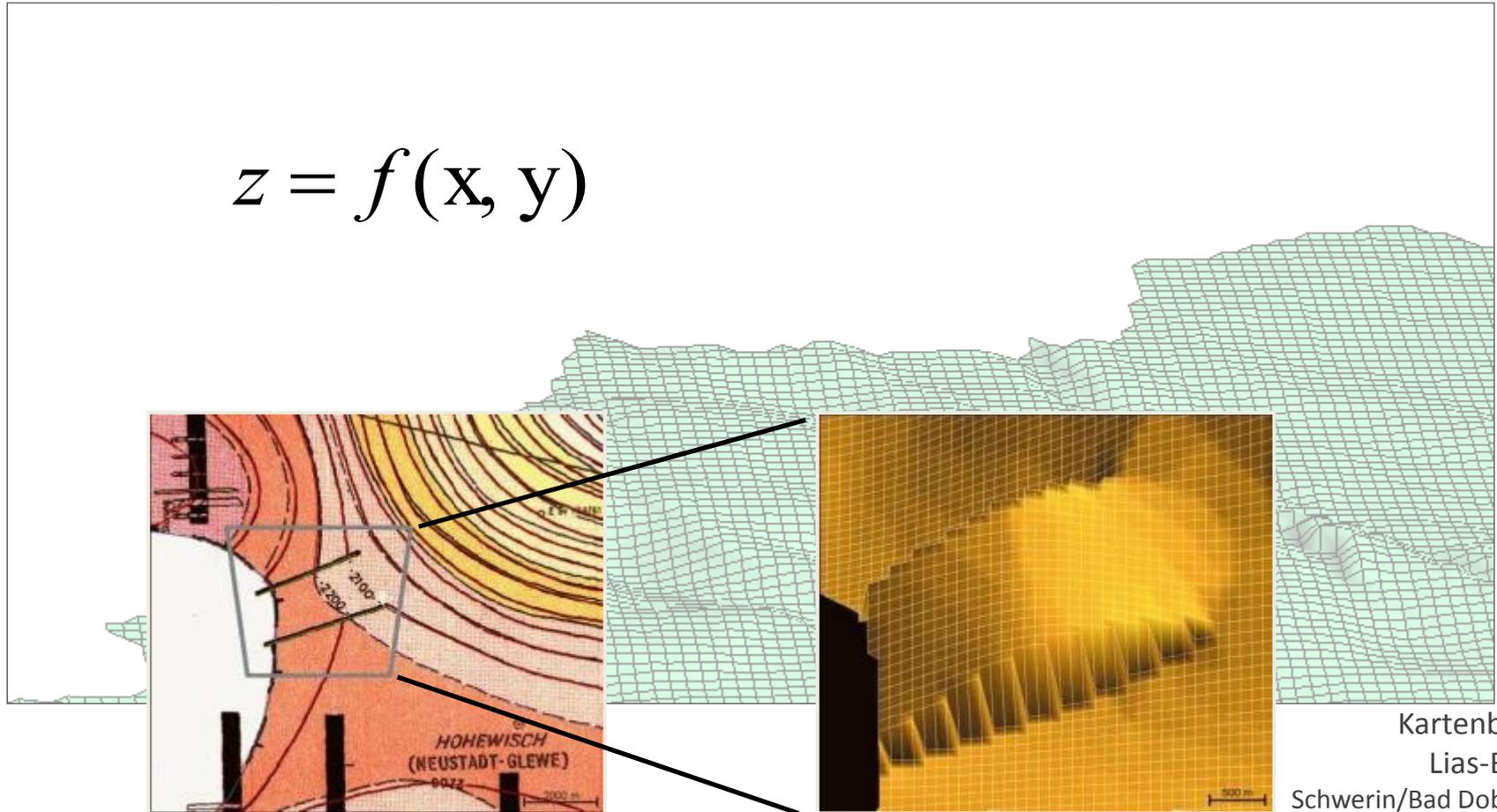
Visualisierung von Störungen in GeotIS



2½D Raster (Grid2D)

GRID2Ds sind regelmäßige, orthogonale Raster
Darstellung in GeotIS mit 100 m Rasterweite

$$z = f(x, y)$$



Kartenblatt:
Lias-Basis
Schwerin/Bad Doberan

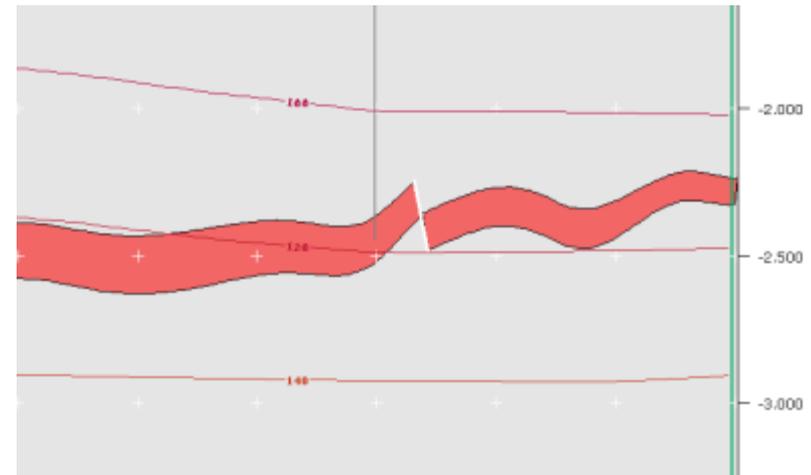
2½D Raster (Grid2D)

Vorteile:

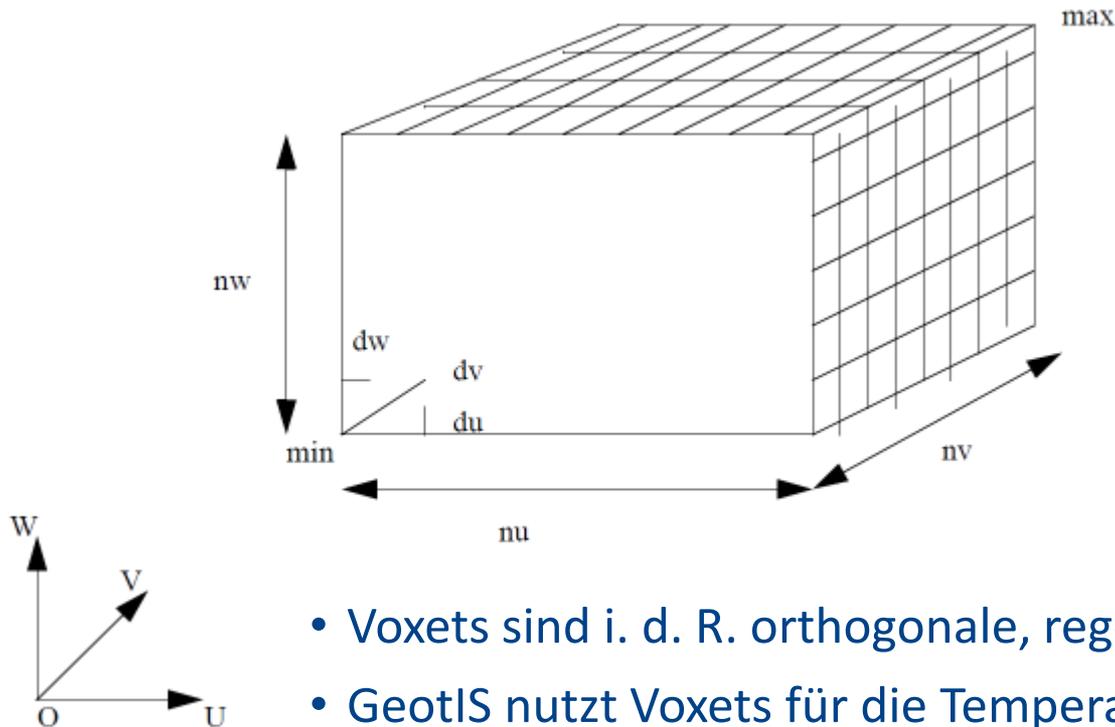
- Sehr schnelle und einfache Erzeugung von Schnitten und Aufsicht-Darstellungen
- Einfache Generalisierung (Anpassung an Skalierung)
- Geringer Speicherbedarf
- Exportmöglichkeit in Gocad/Skua

Nachteile:

- Störungsgeometrie nicht Teil des Gitters
- Eingeschränkte Geometrie:
keine Überkippung oder Aufschiebung
- Konvertierung erforderlich
- Abschiebungen im Hessen 3D-Modell noch relativ aufwändig



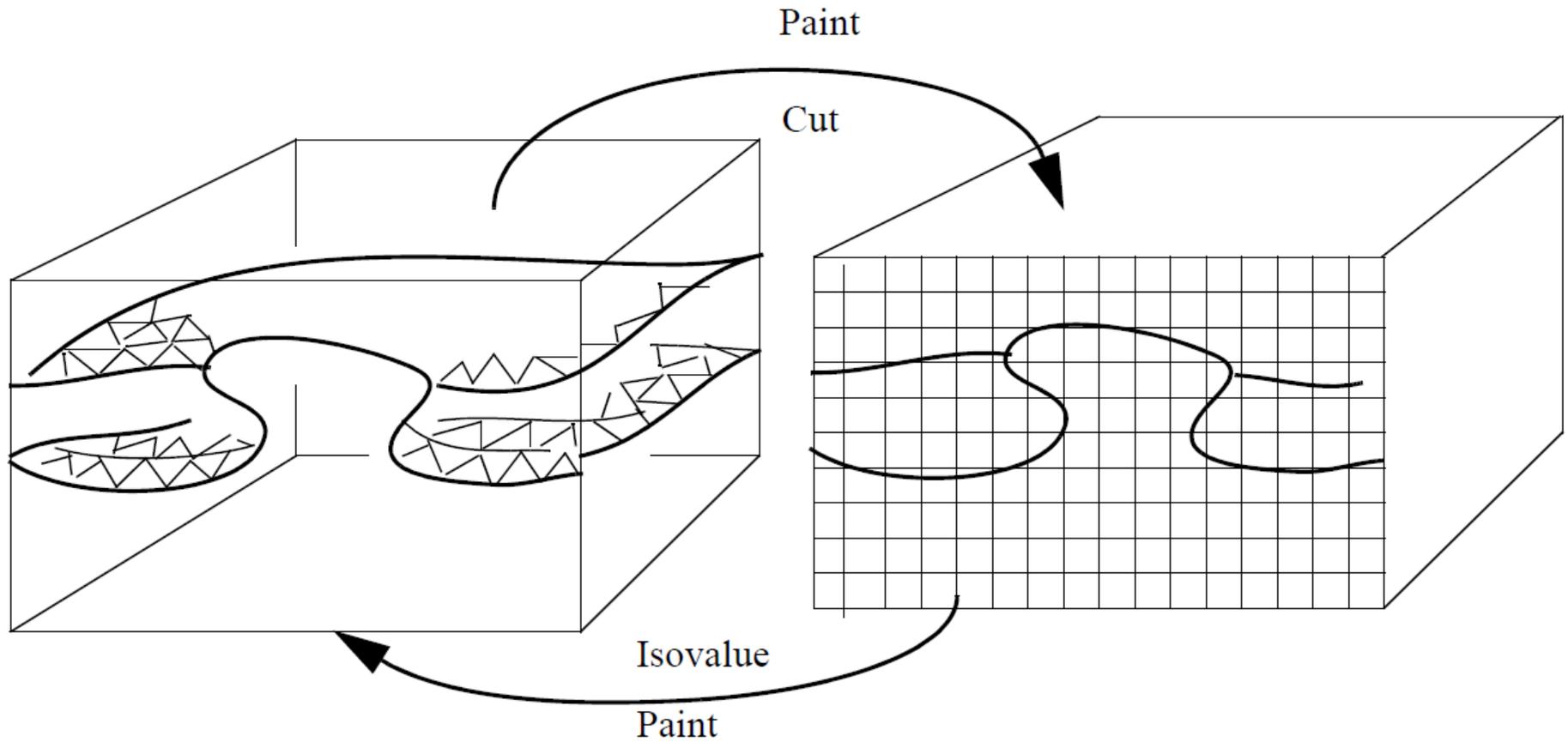
3D Raster (Voxet)



- Voxets sind i. d. R. orthogonale, regelmäßige 3D-Raster
- GeotIS nutzt Voxets für die Temperatur (inkl. Kriging-Varianz)
Rasterweite 2000 m lateral, 100 m vertikal

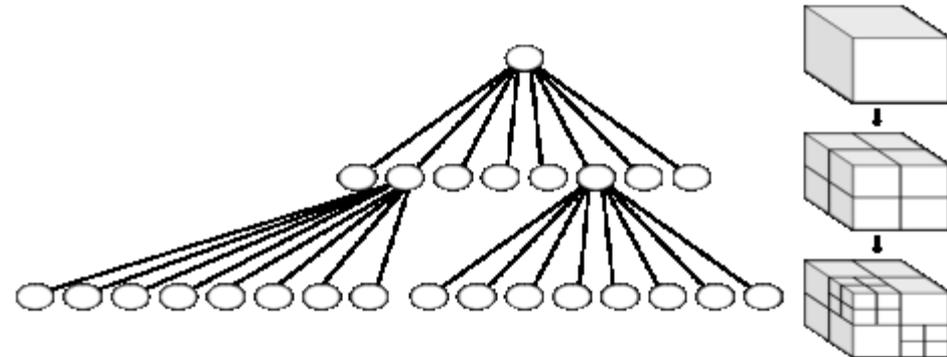
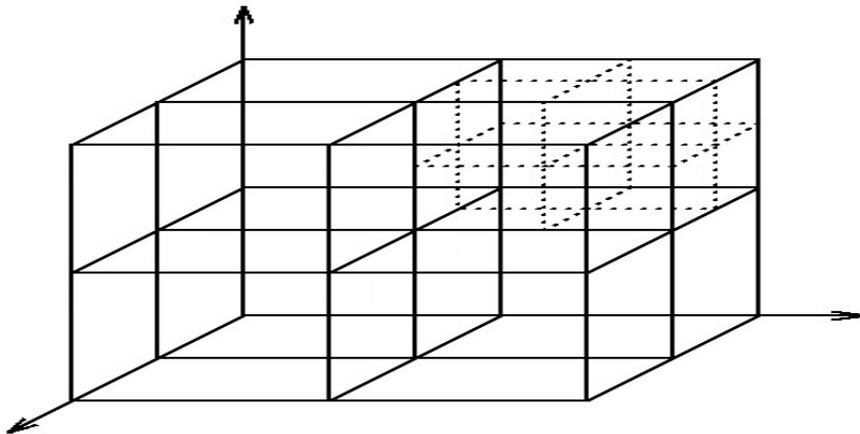
3D Raster (Voxel)

Geometrische Darstellungen zeigen „Treppenstufen“ bei zu geringer Auflösung:



3D Raster - Octree

Inhomogene Quader werden in 8 Teilquader aufgeteilt:



- Mit Octree kann das Datenvolumen von Voxets extrem reduziert werden
- Interessant für wenige Wertkategorien
- Auflösung kann an Grenzflächen fast beliebig erhöht werden
- Optimal für variable Skalen
- Optimal für glatte Schnitte

3D Raster (Voxel)

Vorteile:

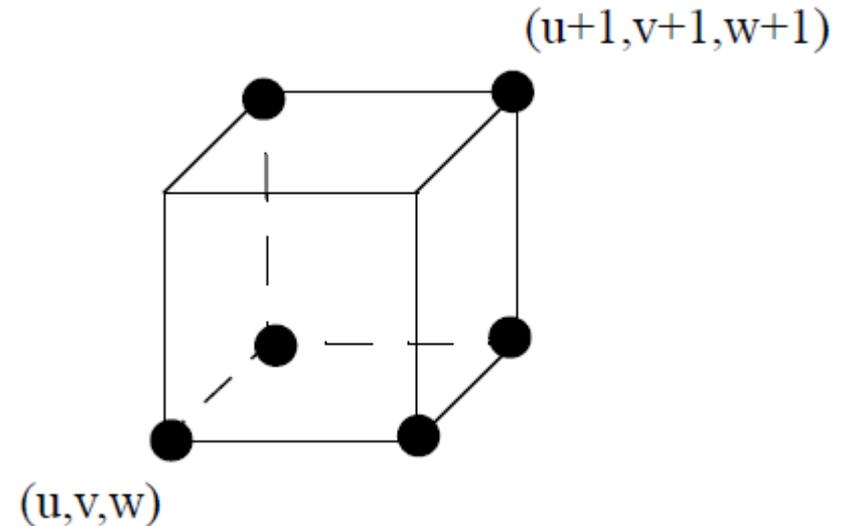
- Sehr schnelle und einfache Erzeugung von Schnitten
- Flexibel: jede Geometrie ist darstellbar
- Exportmöglichkeit von Voxets in Gocad/Skua
- wird bereits für die Darstellung des Temperaturfelds genutzt

Nachteile:

- ohne Octree hoher Speicherbedarf
Verdopplung der lateralen Auflösung = 8-faches Datenvolumen!
- Konvertierung erforderlich
- Aufsichtdarstellung schwierig
- Treppenstufen bei geringer Auflösung
- Störungsgeometrie nicht Teil des Gitters

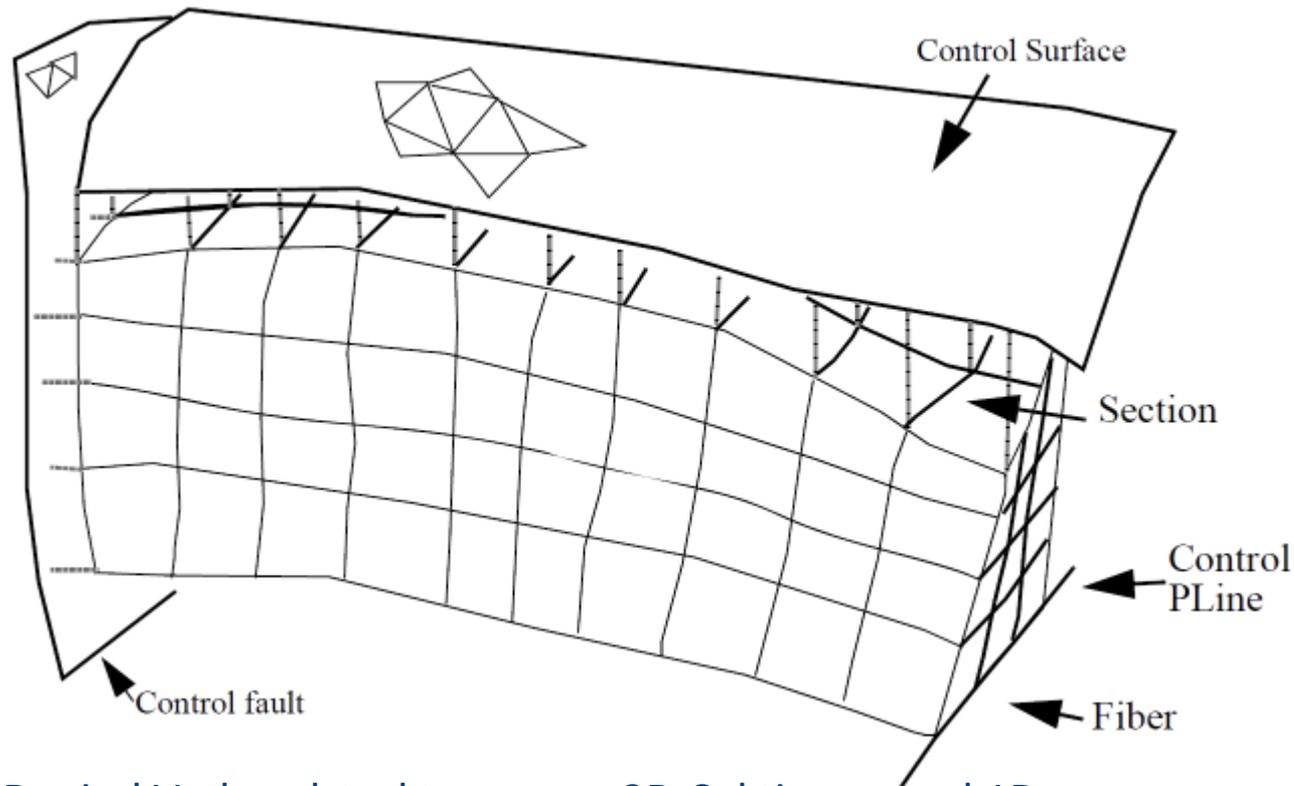
Stratigraphische Gitter (SGrid)

$$\alpha \in \Omega \rightarrow \varphi(\alpha) = \begin{bmatrix} \varphi^x(\alpha) \\ \varphi^y(\alpha) \\ \varphi^z(\alpha) \end{bmatrix}$$



- SGrids Vektortransformationen regelmäßiger Gitter in den geologischen Raum
- Die Funktion φ wird in Gocad/Skua mit der DSI-Methode unter Berücksichtigung geometrischer Vorgaben (Constraints) bestimmt
- für jeden Knoten (u,v,w) werden die Koordinaten (x,y,z) gespeichert

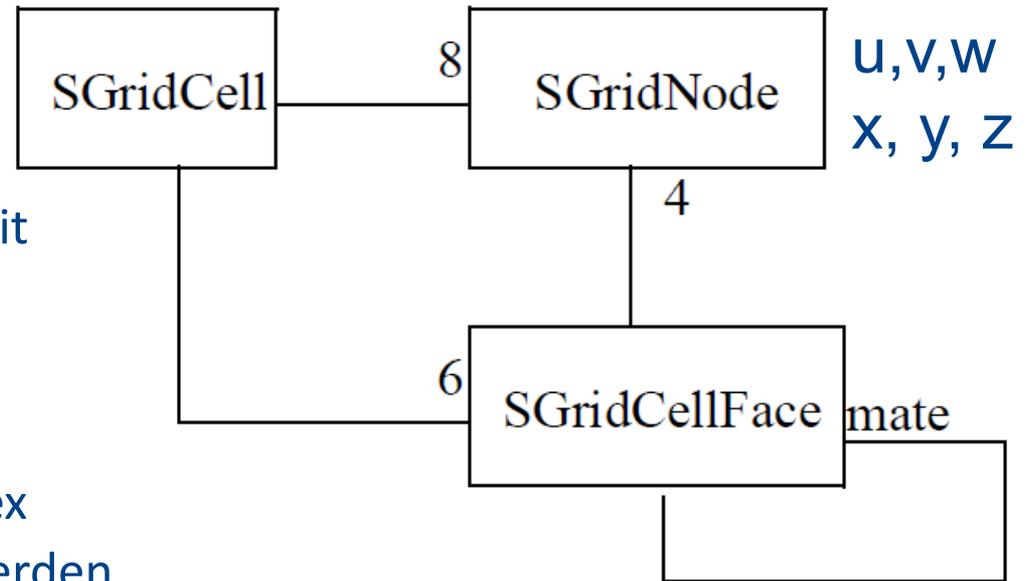
Stratigraphische Gitter (SGrid)



- SGRIDs sind Verbundstrukturen von 2D-Sektionen und 1D-Linienelementen
- für jeden Knoten (u,v,w) werden die Koordinaten (x,y,z) gespeichert
- An Störungen werden reguläre Knoten geteilt.
Bis zu 7 Teilknoten für einen regulären Knoten sind möglich.

Stratigraphische Gitter (SGrid)

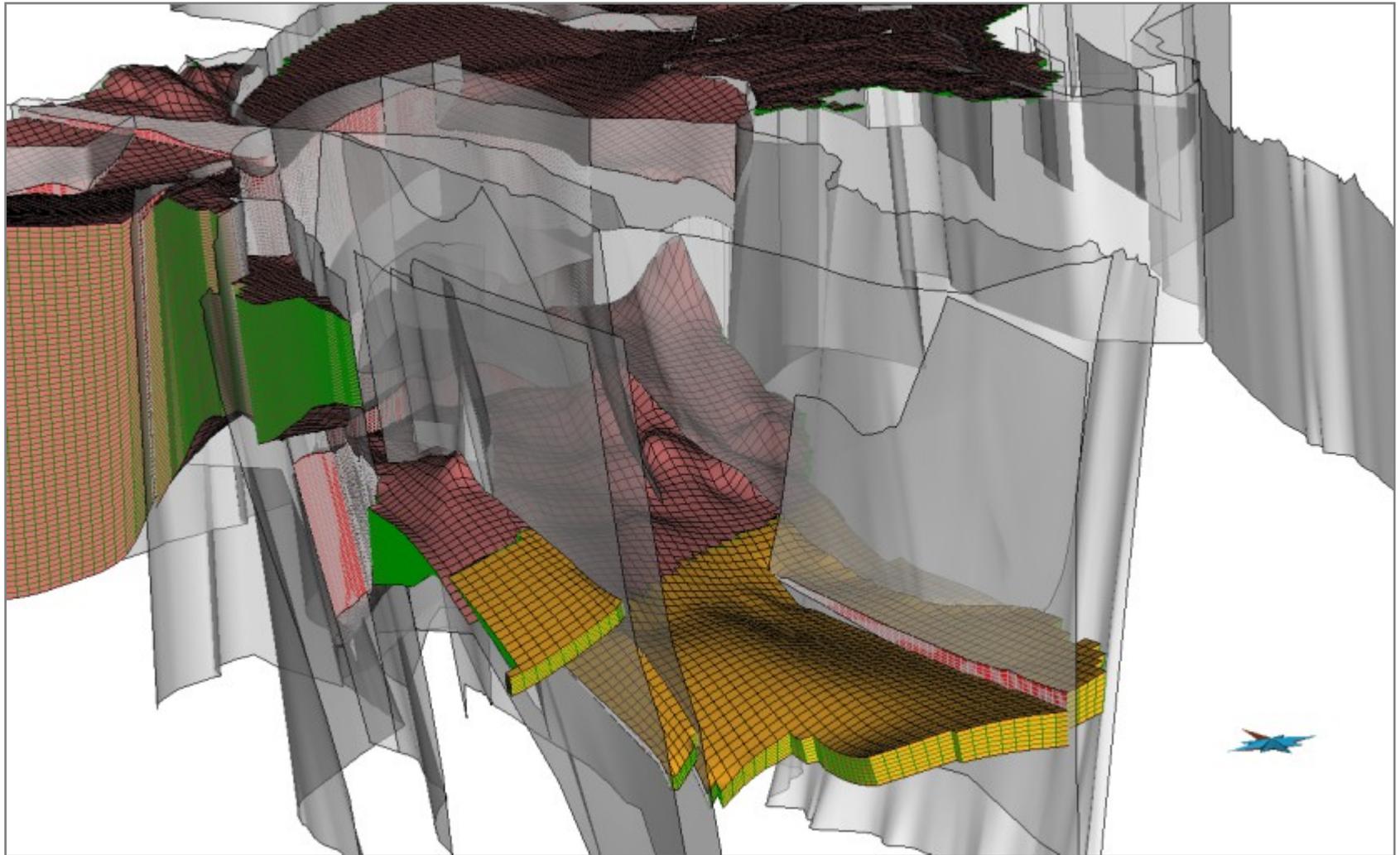
- eignen sich gut, um stratigraphische Horizonte mit Störungen (inkl. Auf- und Abschiebungen) darzustellen
- lassen sich parametrisieren
- können über den Knotenindex (u,v,w) schnell durchsucht werden



Problem aus Sicht der Programmierung:

- gemischte Ortsangaben wie z. B. x,y,w sind nicht eindeutig.
- bei Schnittoperationen muss eine Umkreissuche erfolgen.

Stratigraphische Gitter (SGrid)



SGrid-Modell von Hessen (Arndt et al. 2011, Bär et al. 2011)

Stratigraphische Gitter (SGrid)

Vorteile:

- Störungen sind im Datenmodell integriert
- Aufsichtdarstellung relativ einfach
- Exakte Darstellung ohne Treppenstufen
- Konvertierung einfach, bzw. nicht erforderlich
- Gitterzellen sind geeignet für numerische Anwendungen
- Exportmöglichkeit in Gocad/Skua

Nachteile:

- sehr enge Gitterpunktverteilung bei konjugierten Störungen (z. B. Blumenstruktur)
- kaum geeignet für Intrusivkörper
- Berechnung von Schnitten aufwändig und langsam

→ <http://www.geotis.de>

GeotIS // StörTief

- GeotIS kann bereits jetzt verschiedene 2D/3D Datenformate verarbeiten:
 - 2DGrid
 - Voxel
 - ESRI-Shape
 - KML
- in Zukunft werden weitere 3D-Datenformate möglich sein:
 - SGrid
 - Octree
- Neue Visualisierungs-Algorithmen werden die Darstellung von geothermischen Reservoiren und Störungszonen verbessern.