Mitteltiefe und Tiefe Geothermische Wärmepotenziale Hessens – Hessen 3D 2.0

Faktencheck Geothermie – Forum 1: Chancen und Potenziale der Geothermie in Hessen

22. Oktober 2020

Kristian Bär[1],
Judith Bott[3],
Meike Hintze[1,2],
Bianca Vogel[1],
Sebastian Weinert[1,2],
Magdalena Scheck-Wenderoth[3,4],
Ingo Sass[1,2]

Technische Universität Darmstadt

[1] Fachgebiet Angewandte Geothermie

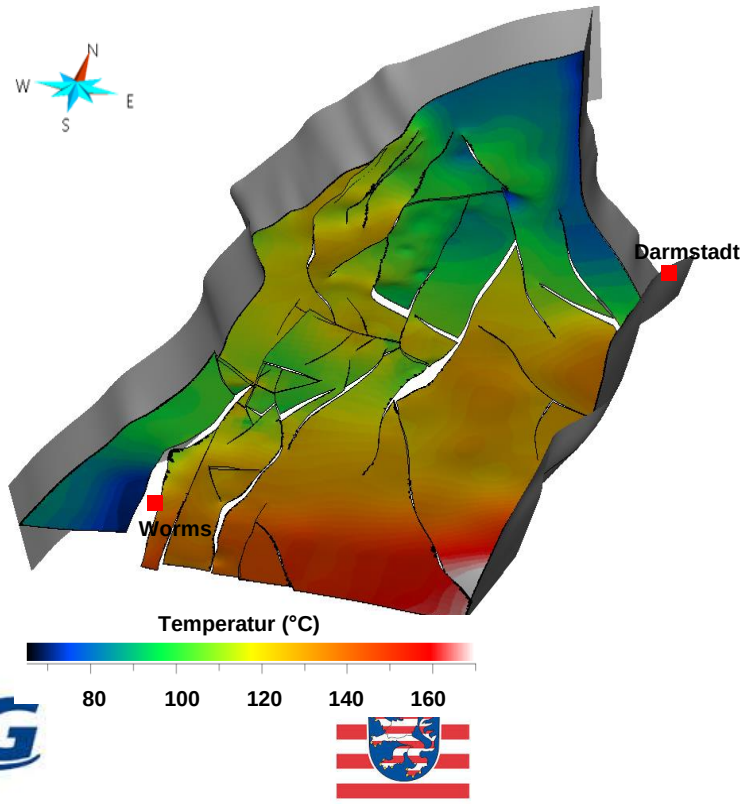
[2] Darmstädter Exzellenz-Graduiertenschule für Energiewissenschaft und Energietechnik

Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam

[3] Sektion 4.1: Sedimentbeckenmodellierung

RWTH Aachen

[4] Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik



Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

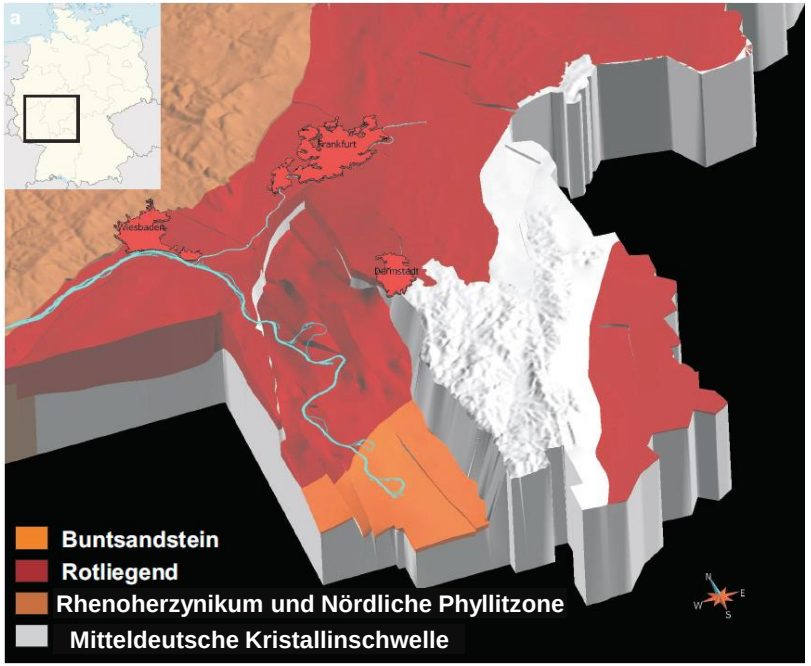
Förderkennzeichen: 0325944 A und 0325944 B

Forschungsprojekt „Hessen 3D 1.0”

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Teil I: Geologisches 3D-Strukturmodell

- **Modell stratigraphischer Horizonte und Störungssysteme**
- **Stratigraphiebezogene 3D-Volumenkörper der tiefengeothermisch nutzbaren Einheiten**
- **Untergrundtemperaturmodell bis 6 km Tiefe**



Teil II: Geothermisches 3D-Modell

- **Datenbank geothermischer Eigenschaften**
- **Modellattributierung**
- **Tiefengeothermische Potenzialausweisung**

Projektlaufzeit: **Sept. 2008 – Aug. 2011**

Auftraggeber:

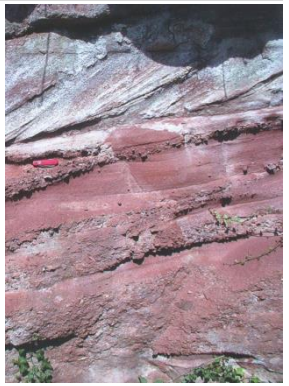
HESSEN

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Kooperations-partner:

HLUG

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

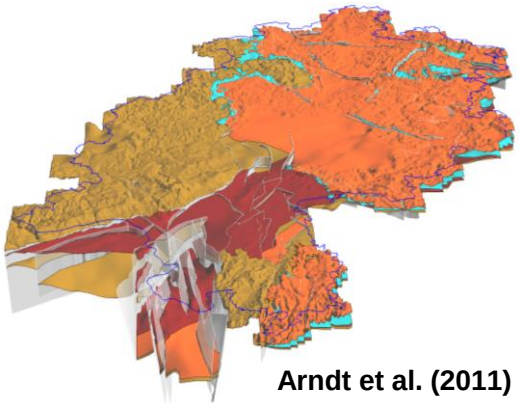


„Hessen 3D 1.0“: Fokus auf hydrothermale Stromerzeugung in Hessen

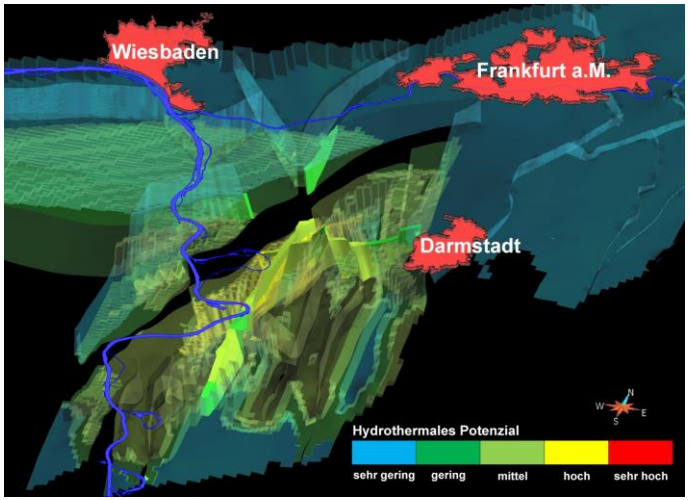
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ergebnisse „Hessen 3D 1.0“:

- 21.000 km² großes Modell
- 6 Modelleinheiten
- Große Störungszonen
- Temperaturmodell bis 6 km



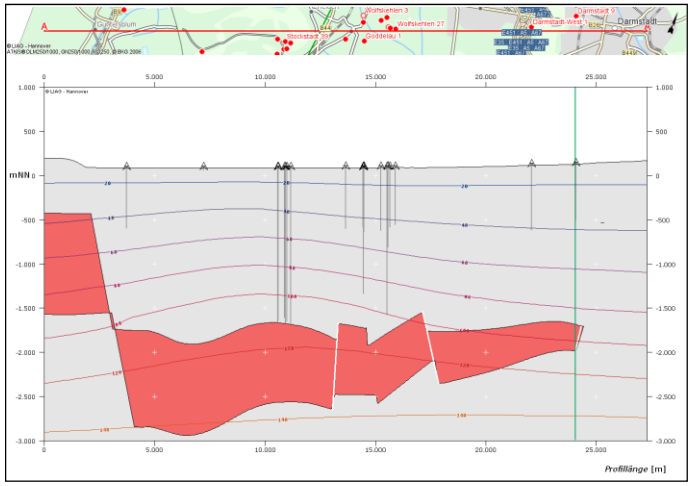
Arndt et al. (2011)



Bär et al. (2014)

Geothermische Potenziale:

Reservoirformation	Mittl. Temp. [°C]	Volumen [km³]	Therm. Energie [EJ]	Verstrom-barer Anteil [EJ]	Strom-erzeugungs-potenzial [TWh]
Rheinisches Schiefergebirge	144	43.394	12.220	463,5	15.345
Mitteldeutsche Kristallinzone	172	28.971	12.080	538,5	18.955
Buntsandstein	167	40,7	13,1	2,65	88
Rotliegend	131	442	102,8	17,01	531



Agemar et al. (2013)

➔ **Implementierung in GeotIS (www.geotis.de)**

Das Verbundprojekt „Hessen 3D 2.0“

- **Fortsetzung auf Basis und mit den Methoden aus „Hessen 3D 1.0“**
- **Untergliedert in vier Themen:**
  - **Petrothermale Potenziale des Grundgebirges**
  - **<u>Mitteltiefe Potenziale zur Wärmenutzung und -speicherung</u>**
  - **Modellierung der Untergrundtemperatur von Hessen**
  - **Hydrochemische Charakterisierung der Reservoirfluide**
- **Projektlaufzeit: Februar 2016 bis Dezember 2020**
- **Verbundprojekt der TU Darmstadt und des GFZ Potsdam**

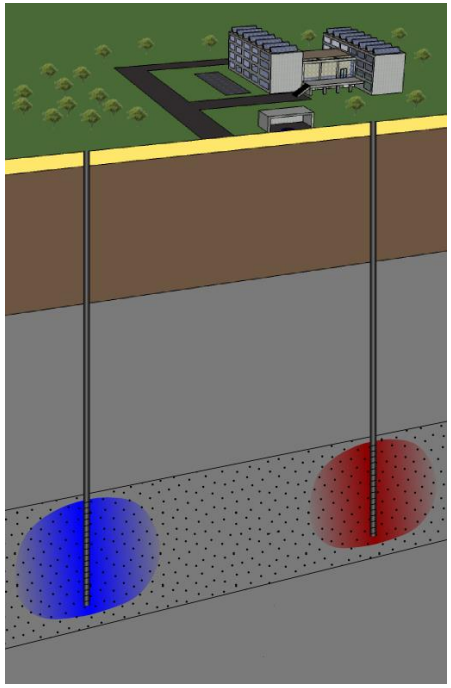
<u>Verbundpartner und assoziierte Partner:</u>

Teilprojekt Mitteltiefe Potenziale zur Wärmenutzung und -speicherung

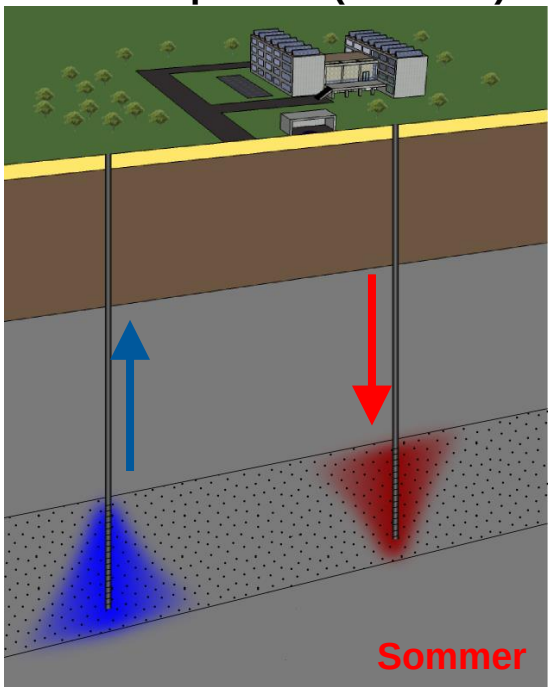
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

1. Verbesserung der 3D-Strukturmodelle Oberrheingraben und Nordosthessen
2. Bestimmung der geothermischen Reservoireigenschaften
3. Bestimmung der Potenziale geothermischer Direktwärmenutzung und -speicherung

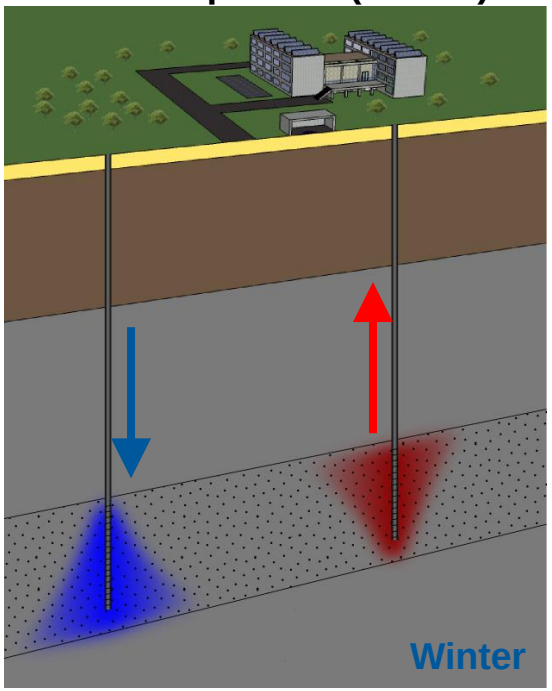
Hydrothermale Dublette



Aquifer-Wärmespeicher (Sommer)



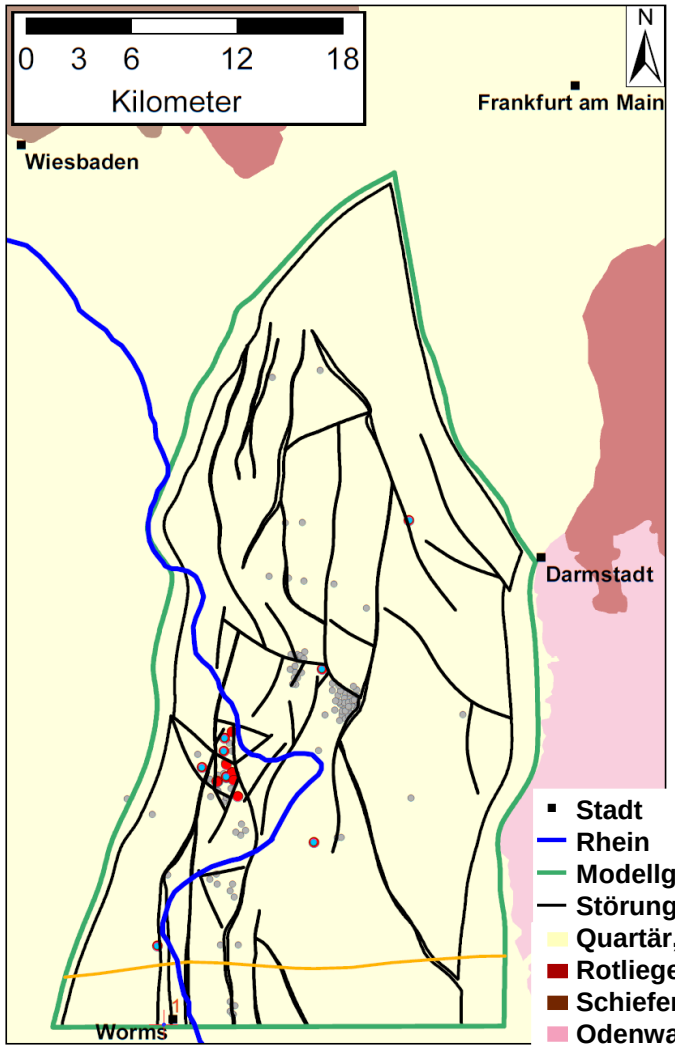
Aquifer-Wärmespeicher (Winter)

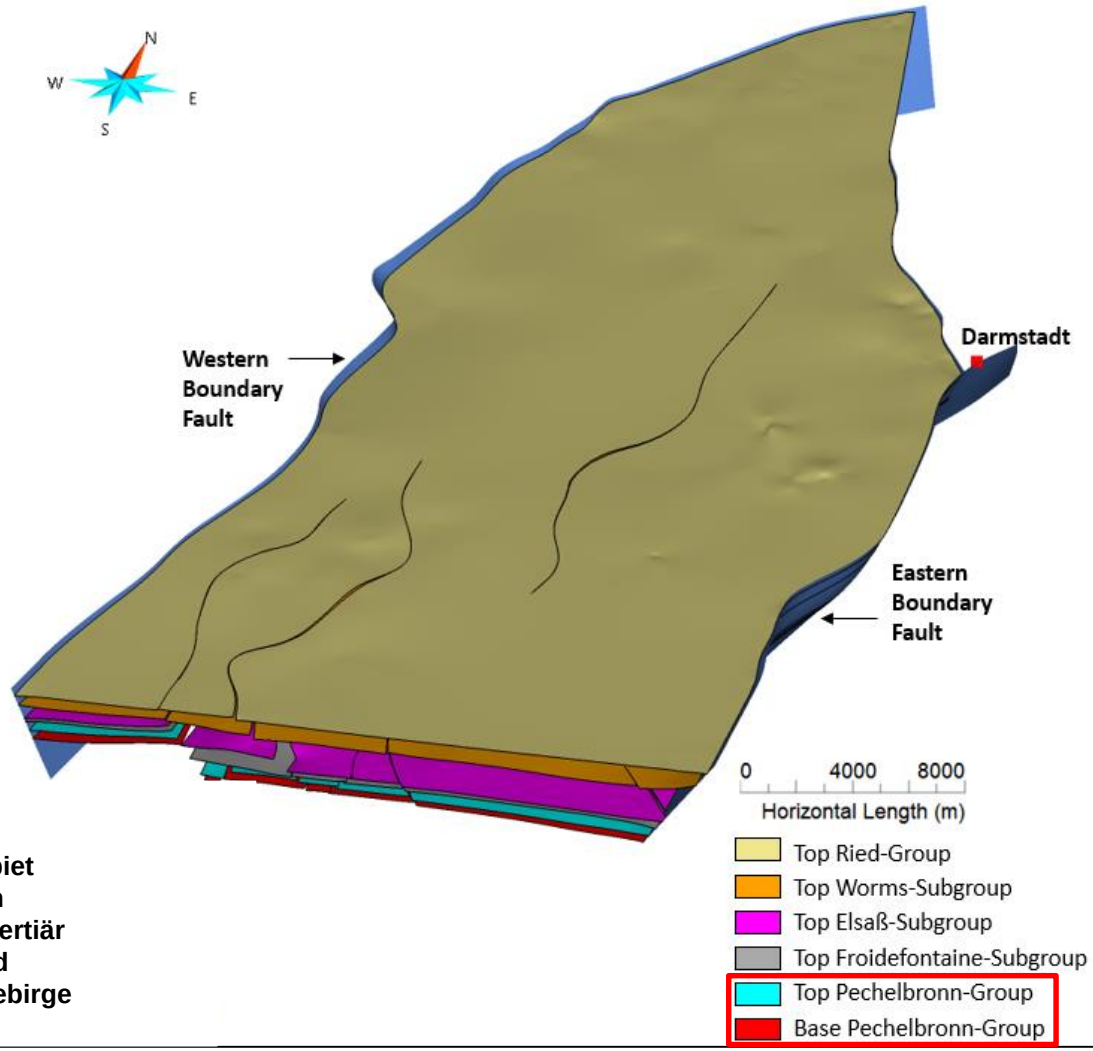


nach Bär et al. (2015)

Nördlicher Oberrheingraben: Modellgebiet und -einheiten

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

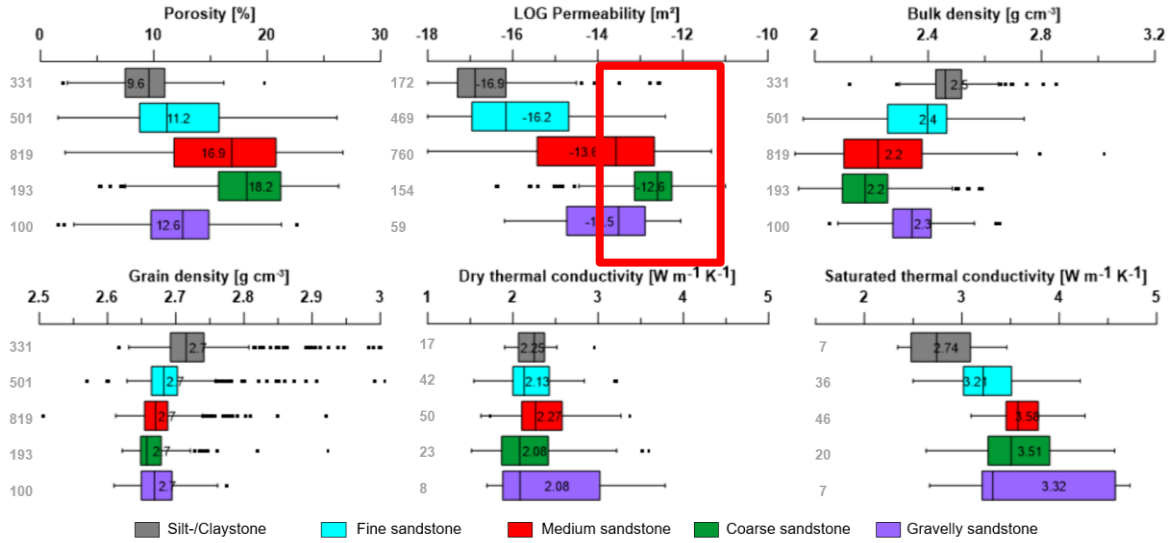




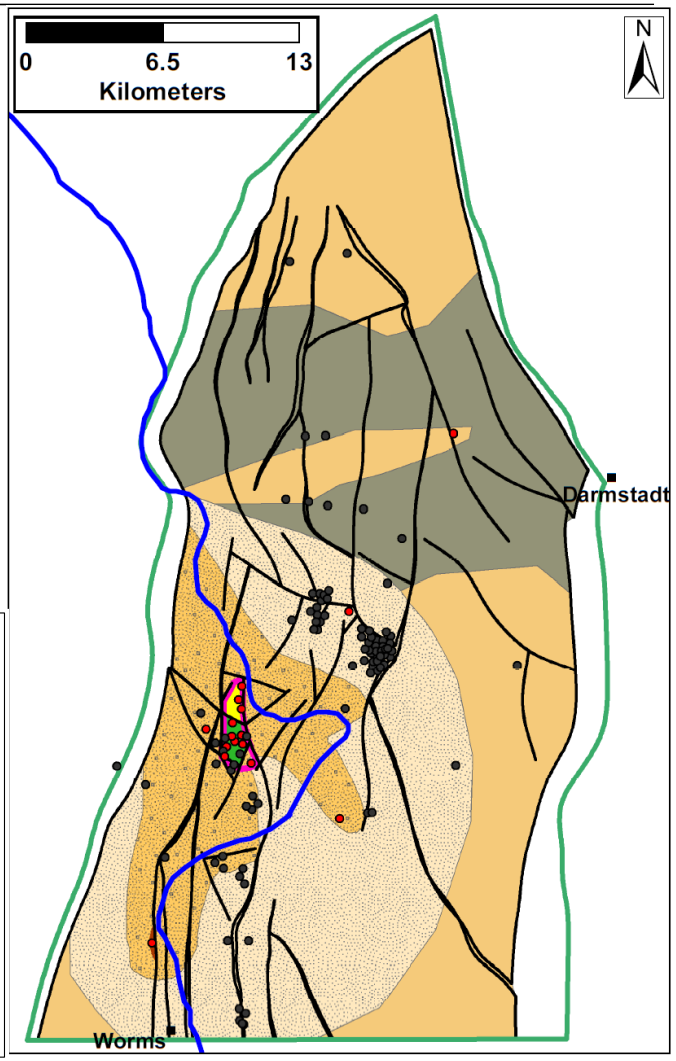
Kennwerte der Reservoirgesteine

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Geothermische Kennwerte aus Kernuntersuchungen:

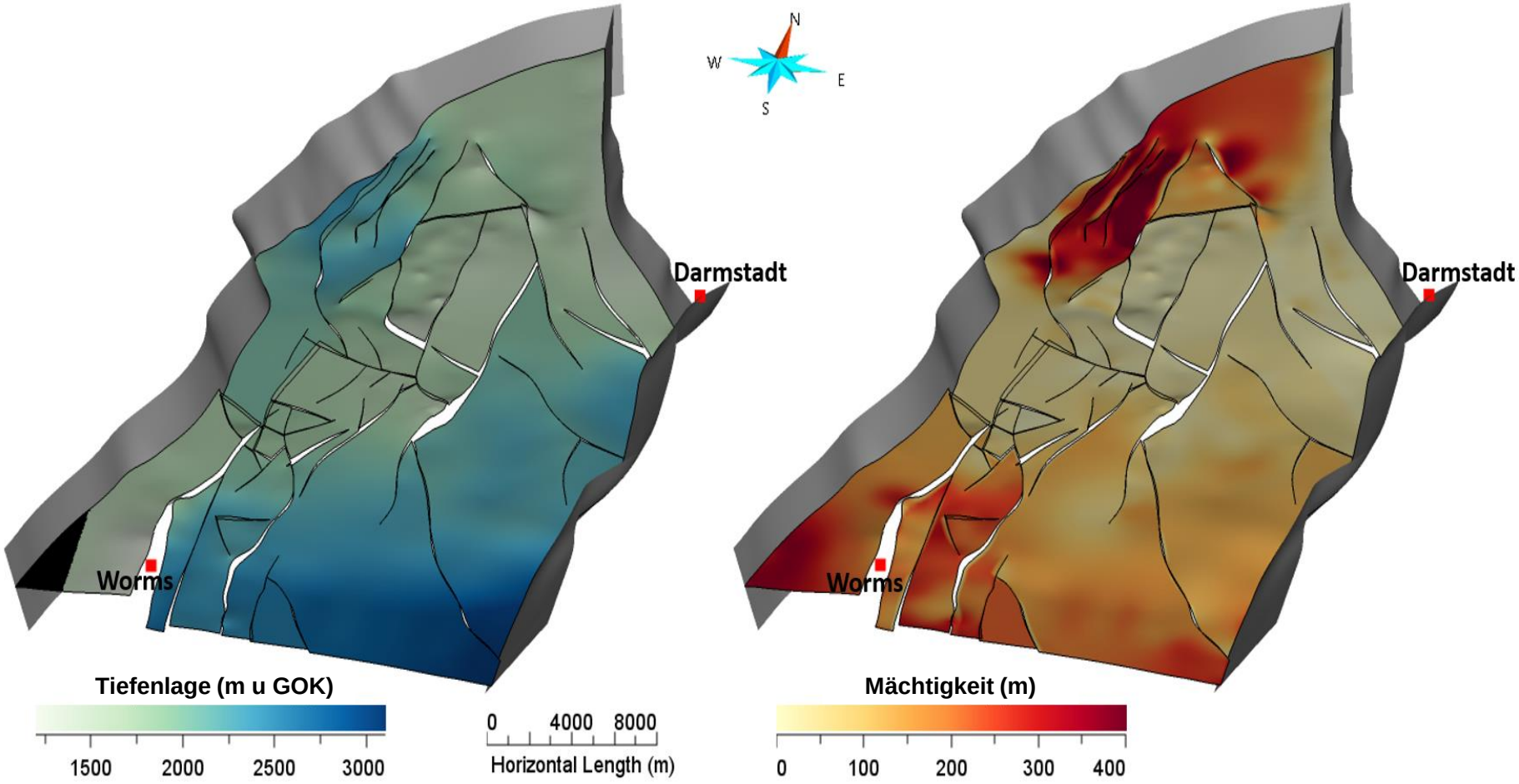


Die räumliche Ausbildung der Reservoirgesteine wird bei der Potenzialeinschätzung berücksichtigt.



Tiefenlage und Mächtigkeit

Top Pechelbronn

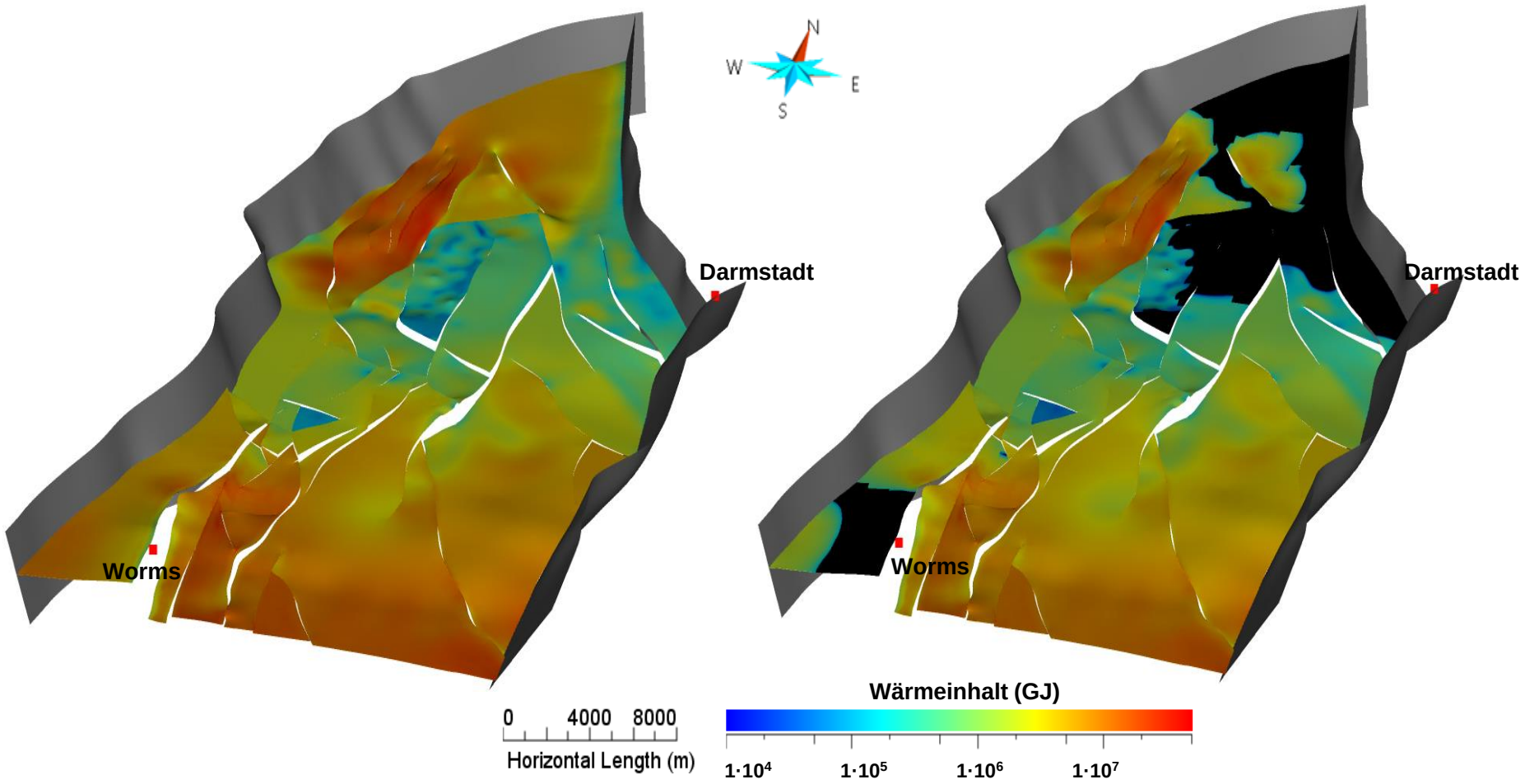


Regionale Geothermische Potenziale

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Re-Injektionstemperatur: 40 °C

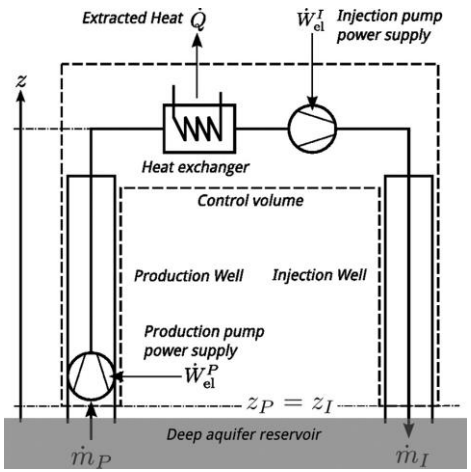
Re-Injektionstemperatur: 70 °C

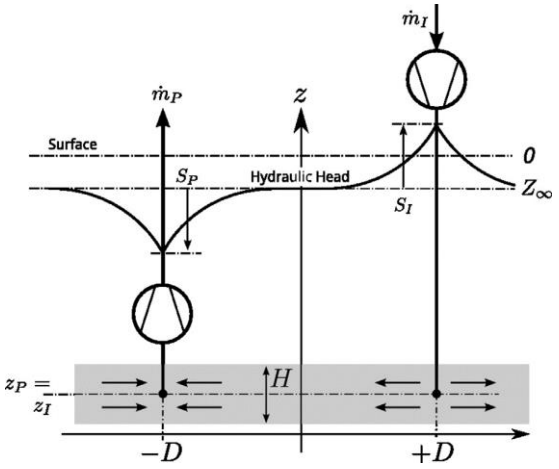


Lokal gewinnbare Potenziale einer Hydrothermalen Dublette

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Nach einer Dublettenbasierten Berechnungsmethode von Kastner et al. (2013, 2015)





Beispiel:
Pechelbronn Gruppe
Q = 99 m³/h
P_{th} = 6,8 MW_{th}

Thermische Leistung

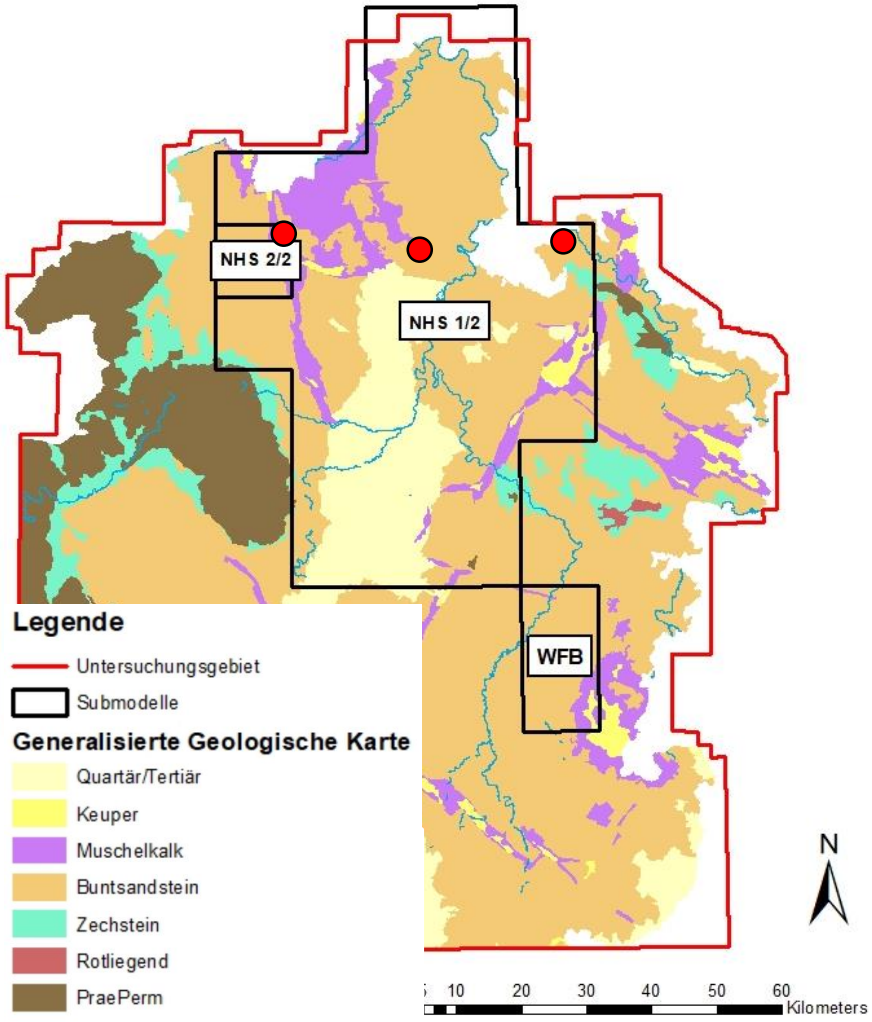
$$P_{th} = Q \cdot c_{th} \cdot (T_p - T_I)$$

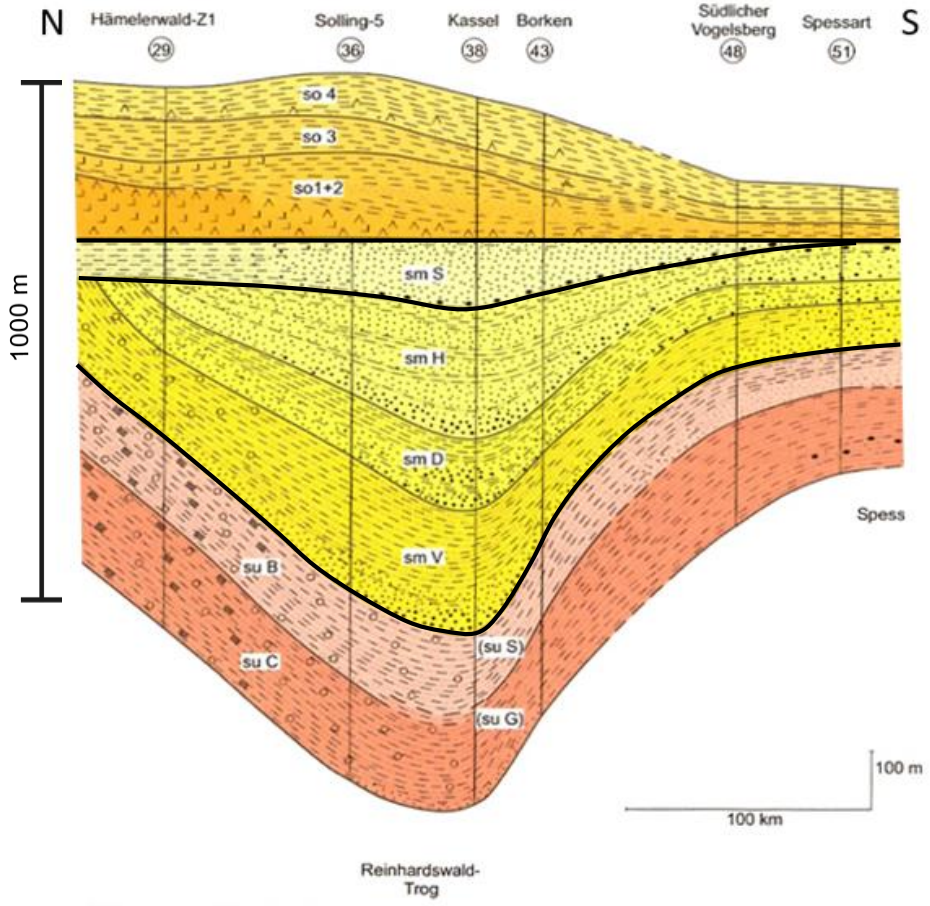
Pumpenstrombedarf:

$$\dot{W}_{OP} = \dot{m}_{OP} g |Z_\infty| - g \frac{\dot{m}_{OP}^2}{\rho} \frac{1}{2\pi\tau} ln \frac{R}{2D}$$

	P90			P50			P10		
	1 MPa	3 MPa	6 MPa	1 MPa	3 MPa	6 MPa	1 MPa	3 MPa	6 MPa
Fließrate (m³/h)	20	46	81	44	99	171	89	174	277
Thermische Leistung (MW)	1.1	2.9	5.6	2.9	6.8	11.9	6.14	12.5	19.9
COP (kW/kW)	121	45.6	23.6	141.7	50.1	25.6	156.5	54.4	27.7

Nordosthessen: Modellgebiet- und einheiten

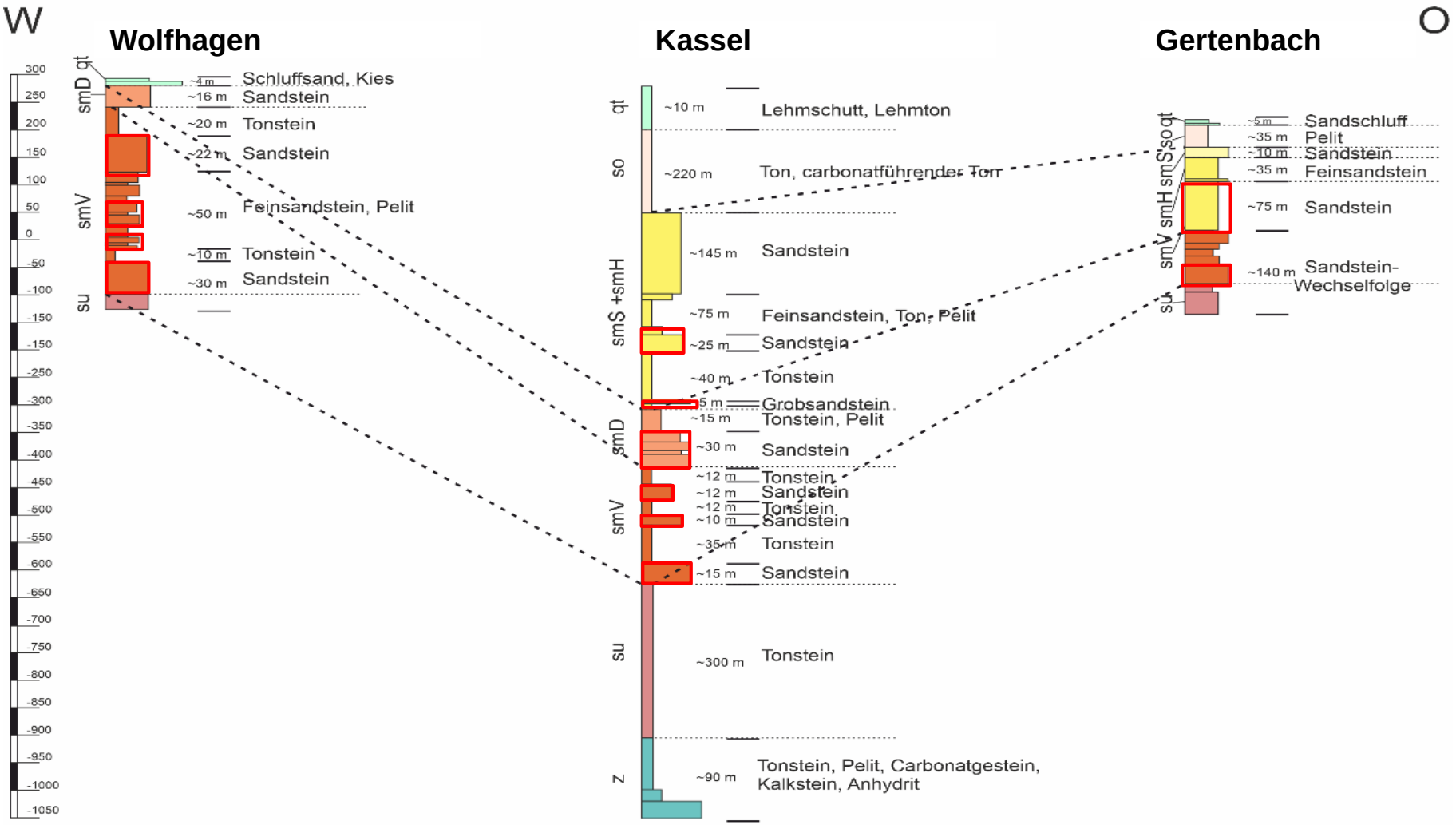




verändert nach HLNUG (2007)

Regionale Unterschiede und potenzielle Nutzhorizonte

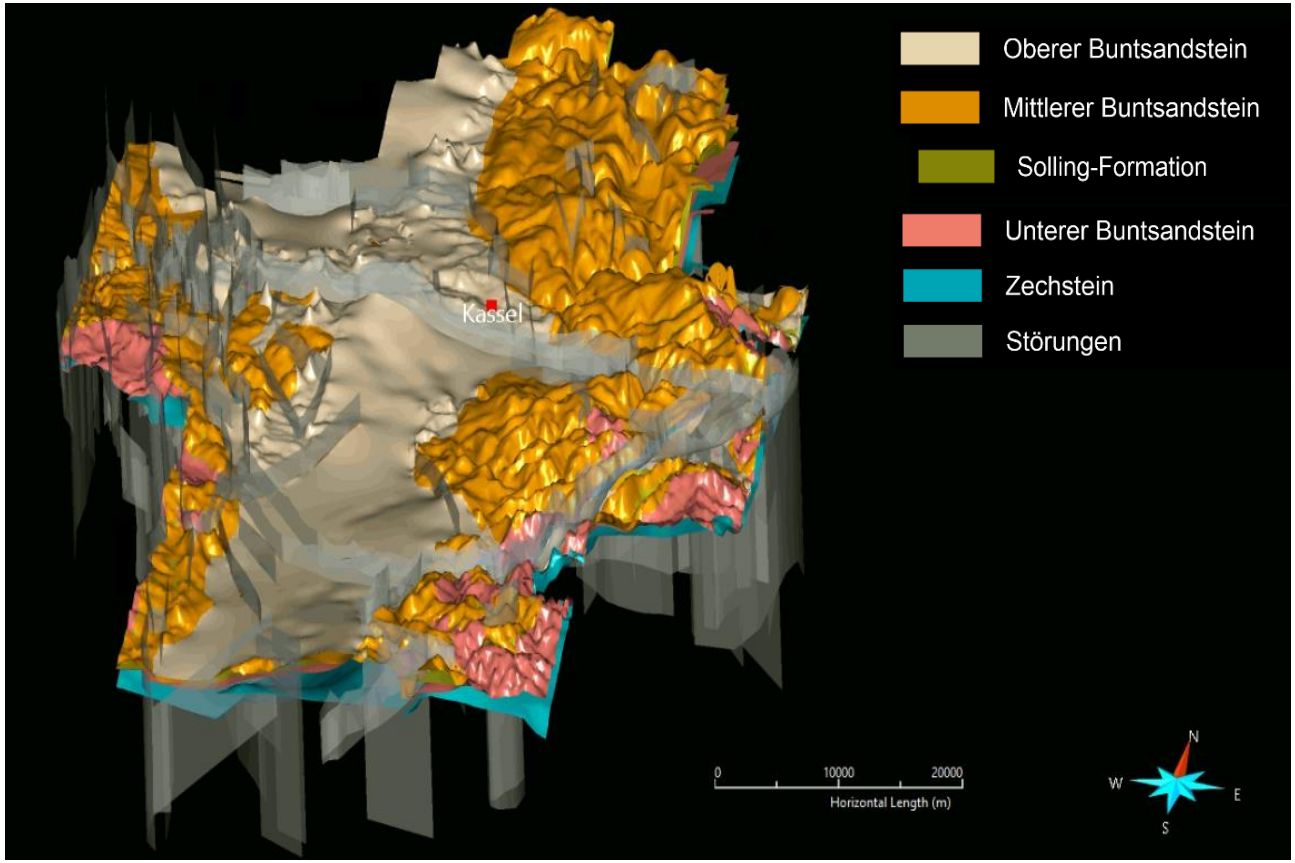
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



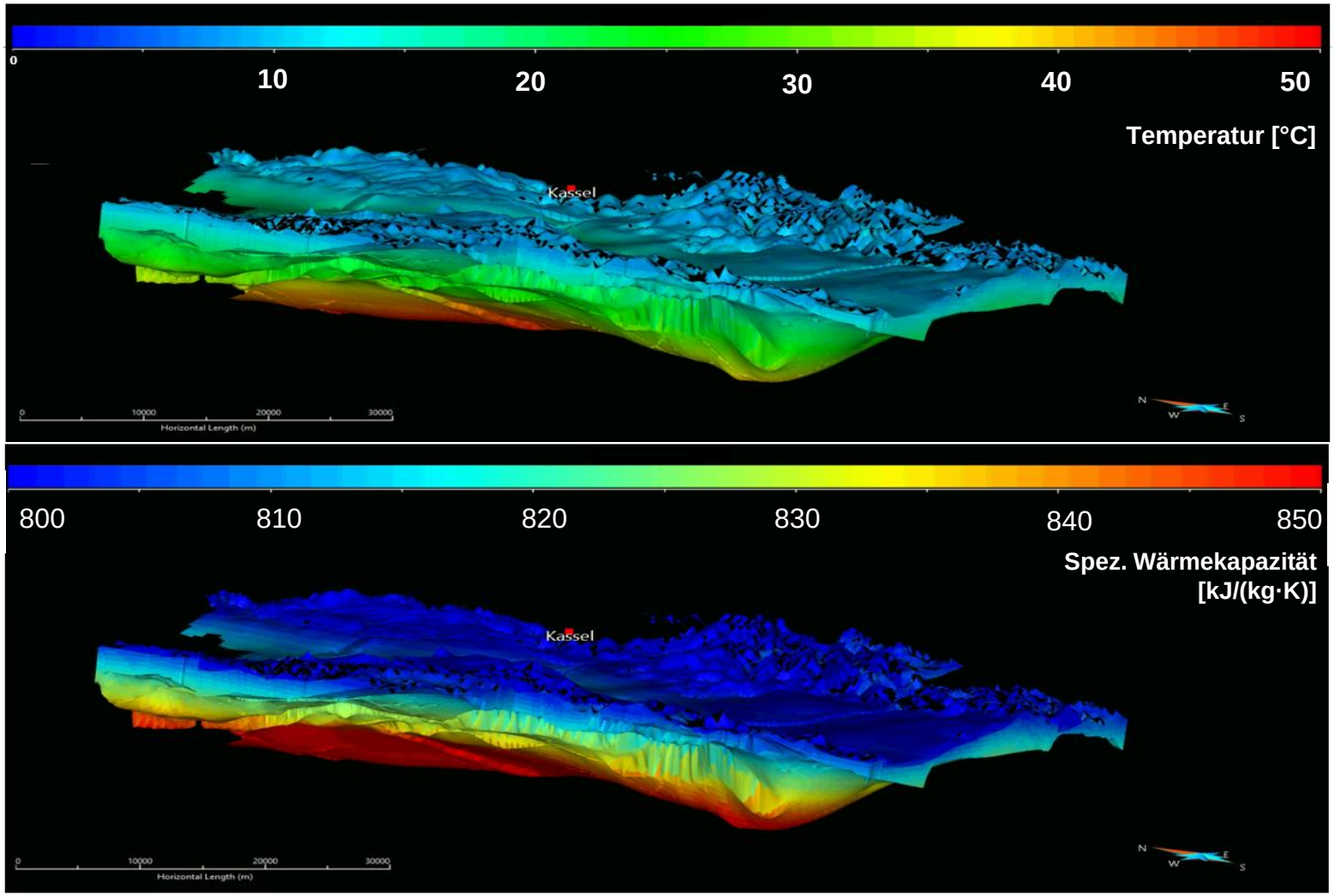
Geologisches 3D-Strukurmodell Nordosthessen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- **Modellierung der Oberkanten:**
  - **Oberer-,**
  - **Mittlerer- und**
  - **Unterer Buntsandstein sowie der**
  - **Solling-Formation**
- **Regionalskalige Auflösung**
- **Eingangsdaten wurden integriert und interpoliert**
- **Keine interne Untergliederung der s1 bis s7 Formationen**



Geothermisches 3D-Modell



Potenzialanalyse
Hydrothermale Dublette

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Gruppe/Formation	Direkte Wärmenutzung und wärmepumpengekoppelte Systeme							
	Temperatur [°C]		Gebirgs-permeabilität log [m²]		Transmissibilität log [m³]		Gesamt-Mächtigkeit[m]	
	NHS	WFB	NHS	WFB	NHS	WFB	NHS	WFB
Mittlerer Buntsandstein	<35	<35	-11.9	-11.9	-9.5	-10.1	350	200
Solling-Formation	<35	<35	-11.5	-11.9	-9.5	-10.2	150	50
Hardegsen-/ Detfurth-/ Volpriehausen-Formation	<35	<35	-12.1	-11.9	-9.9	-9.7	200	150
Unterer Buntsandstein	35-50	<35	-12.2	-12.2	-9.6	-9.7	400	300

geringes Potenzial mittleres Potenzial hohes Potenzial

Potenzialanalyse Aquiferwärmespeicher

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Gruppe/Formation	Aquiferwärmespeicher							
	Temperatur [°C]		Gebirgsperm-eabilität log [m²]		Transmissibilität log [m³]		Mächtigkeit Netto [m]	
	NHS	WFB	NHS	WFB	NHS	WFB	NHS	WFB
Mittlerer Buntsandstein	<35	<35	-11.9	-11.9	-	-	-	-
Solling-Formation	<35	<35	-11.5	-11.9	-9.6	-10.3	80	40
Hardegsen-Formation	<35	<35	-12.1	-11.9	-10.2	-10.7	80	15
Detfurth-Formation	<35	<35	-12.1	-11.9	-10.7	-10.6	30	20
Volpriehausen-Formation	<35	<35	-12.1	-11.9	-10.6	-10.4	35	30
Unterer Buntsandstein	35-50	<35	-12.2	-12.2	>10.5	>10.5	>50	>50

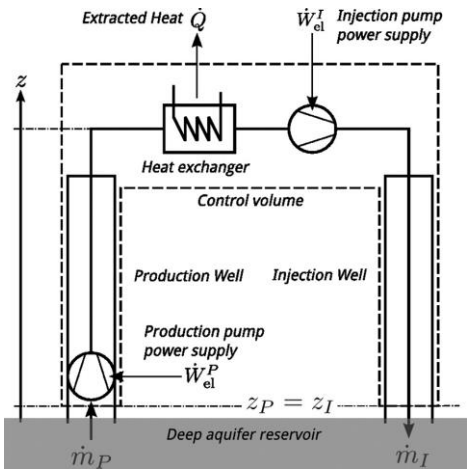
geringes Potenzial mittleres Potenzial hohes Potenzial

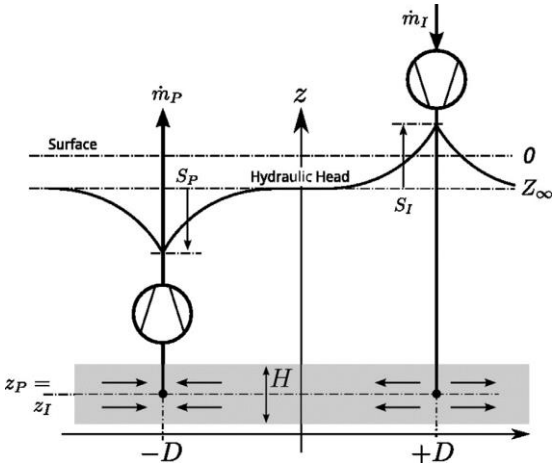
➔ **Die Potenziale sind abhängig von der einzuspeichernden Energiemenge**

Potenzialanalyse
Hydrothermale Dublette

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Nach einer Dublettenbasierten Berechnungsmethode von Kastner et al. (2013, 2015)





Beispiel:
Unterer Buntsandstein
Q = 41 l/s
P_{th} = 2,6 MW_{th}

Thermische Leistung

$$P_{th} = Q \cdot c_{th} \cdot (T_p - T_I)$$

Pumpenstrombedarf:

$$\dot{W}_{OP} = \dot{m}_{OP} g |Z_\infty| - g \frac{\dot{m}_{OP}^2}{\rho} \frac{1}{2\pi\tau} ln \frac{R}{2D}$$

	Temp-eratur [°C]	Δp= 0,2 MPa		Δp= 0,5 MPa	
		Mittlerer Bunt-sandstein	Unterer Bunt-sandstein	Mittlerer Bunt-sandstein	Unterer Bunt-sandstein
Thermische Leistung [MW]	30	0,6	0,5	1,4	1,0
	40	1,1	0,7	2,4	1,8
	50	1,5	1,0	3,7	2,6

Schlussfolgerungen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Regional

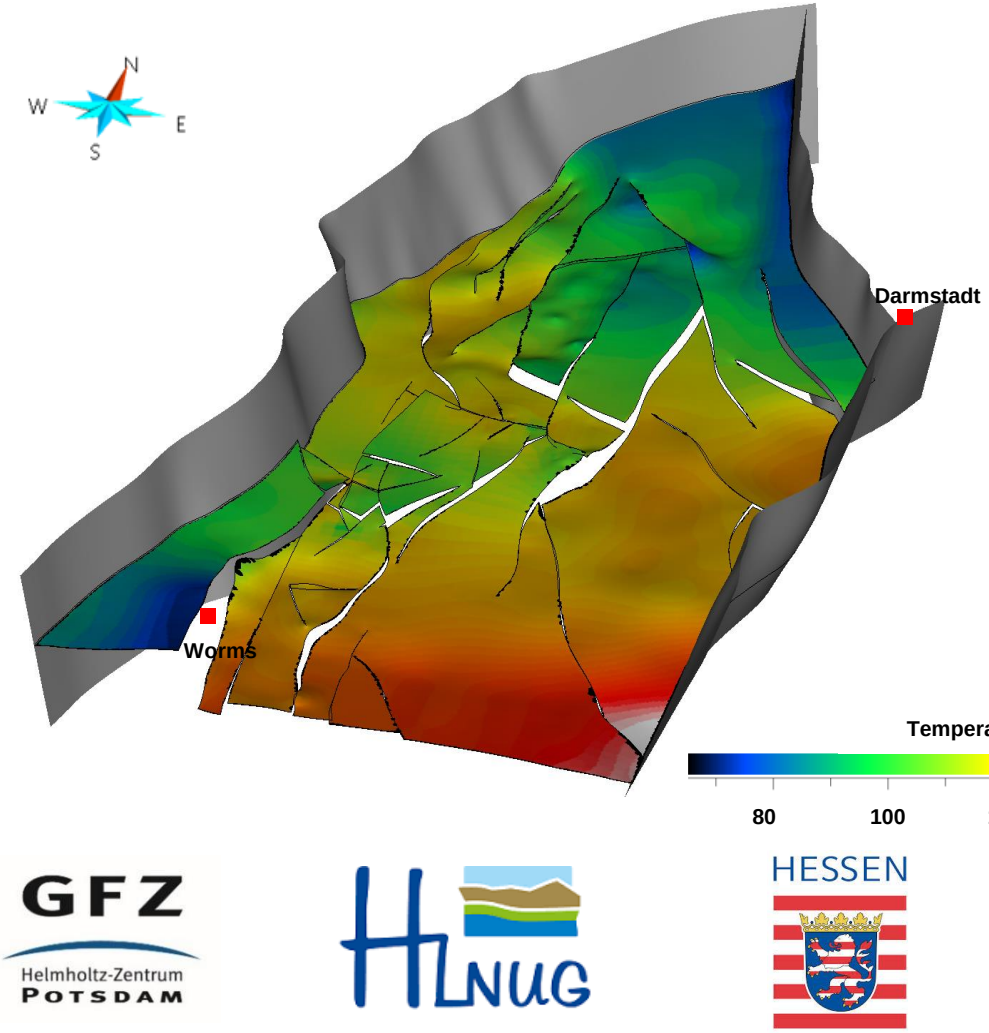
- **Sehr gute regionale geothermische Potenzialabschätzung**
- **Projekte ‚Deep Geothermal Energy Rollout' (EU-Interreg North-West Europe, 2018-2022) und ‚ArtemIS' (Ausbau des Geothermischen Informationssystems GeotIS zum Internetportal für die Wärmewende in Deutschland, 2020-2024):**
  - **3D Potenzialmodell für weitere Modelleinheiten des Oberrheingrabens**
  - **Genauere Potenzialausweisung für Wärmegewinnung und Wärmespeicherung**

Lokal

- **Im Oberrheingraben gute Potenziale für Geothermische Wärmegewinnung**
- **In Nordosthessen gute Potenziale für hydrothermale Dubletten und für Aquiferwärmespeicher**
- **Projekte sollten transparent geplant und unter intensiver Einbindung der Forschungseinrichtungen, Fachbehörden und der Öffentlichkeit stattfinden**
- **Weitere Untersuchungen sind für die lokale Projektplanung unverzichtbar**
- **Genehmigungsrechtliche Belange sind von Anfang an in die Planung miteinzubeziehen**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Dr. Kristian Bär

baer@geo.tu-darmstadt.de

Institut für Angewandte Geowissenschaften
Fachgebiet Angewandte Geothermie

Schnittspahnstrasse 9

D-64287 Darmstadt

06151 16-22295

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen:
0325944 A und 0325944 B

GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam

HLNUG

HESSEN

IAG

virtualcitySYSTEMS