



WärmeGut

Aktuelles aus dem Verbundprojekt WärmeGut - Bundesweite Ampelkarten für Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren

Michael Dussel, Domenico C.G. Ravidà, Quan Liu, Ernesto Meneses Rioseco,
Inga S. Moeck

Abteilung Strukturgeologie und Geothermik - Georg-August-Universität Göttingen

michael.dussel@uni-goettingen.de

www.waermegut.de

13.05.2025

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hinweise zum Urheberrecht und Copyright

Diese Unterlagen sind ausschließlich für den persönlichen Gebrauch durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Workshopreihe „Nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung: kommunal und regional“ des siz energieplus vom 13.05.2025 bestimmt.

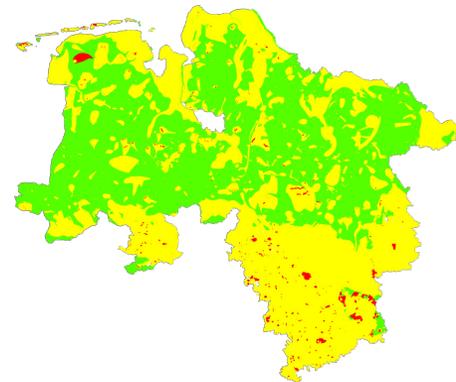
In diesen Unterlagen ist z. T. geistiges Eigentum Dritter in zitierender Weise wiedergegeben, weshalb eine unrechtmäßige Weiterverbreitung dieser Unterlagen neben ideellen auch finanzielle Schäden nach sich ziehen kann, für die die Verursachenden haftbar gemacht werden. Eine Weitergabe an außenstehende Dritte in irgendeiner Form ist deshalb grundsätzlich nicht gestattet.

Falls nicht anders angegeben, hält die **Georg-August-Universität Göttingen** die Urheberrechte an den dargestellten Abbildungen, Grafiken und Tabellen. Für die Teile dieses Dokuments, an denen die Verfasser selbst die Urheberrechte halten, werden auf Anfrage gerne weitergehende Nutzungsrechte gewährt.

Die dargestellten quantitativen Ergebnisse sind beispielhafter Natur und ersetzen keine Fachplanung. Auch lassen sich trotz aller Sorgfalt Fehler nicht ausschließen. Es kann deshalb keinerlei Haftung für die Anwendbarkeit oder Tauglichkeit in einem konkreten Anwendungsfall übernommen werden.

Flankierung des Erdwärmepumpen-Rollouts für die **Wärmewende** durch eine bundesweite, einheitliche Bereitstellung von Geoinformationen zur oberflächennahen **Geothermie** (< 400 m) in **Deutschland**

Zusammenstellung, Standardisierung und **Harmonisierung** von Geoinformationen (z. B. Wärmeleitfähigkeit, Grundwasserspiegel) auf nationaler Ebene



Bewertung und Kartierung der Eignung oberflächennaher geothermischer Standorte für die Nutzung von Erdwärmesonden > **Ampelkarten**

Untersuchung der Variabilität des geothermischen Potenzials in Deutschland > **Potenzialkarten**

- Entwicklung einer bundesweit einheitlichen Methode zur Darstellung der Standorteignung für die Nutzung Oberflächennaher Geothermie unter Beachtung von Regularien der Bundesländer.
- Entwicklung effektiver und leicht verständlicher Karten zur Darstellung der möglichen Nutzungsmethoden Oberflächennaher Geothermie.
- Entwicklung einer frei zugänglichen Plattform und eines Datenkatalogs, implementiert in GeotIS, Deutschlands etabliertem geothermischen Informationssystem.
- Überbrückung der aktuellen Informationslücke und Entwicklung eines umfassenden Werkzeugs zur Verbesserung der Nutzung von oberflächennaher Geothermie in Deutschland.

Weitere Projektarbeiten und Ziele - Ausblick

Finalisierung bis 2025/2026

Deutschlandweit:

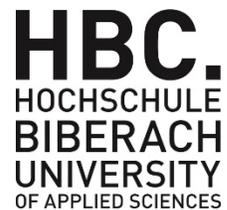
- Ampelkarten für Erdwärmesonden
- Ampelkarten für Erdwärmekollektoren
- Potenzialkarten für Erdwärmesonden
- GEO-HAND^{light}: Potenzialberechnung Kollektorensysteme
- Konzept Ampelkarten Erdwärmebrunnen
- APP: GeotIS Sondenfeld Kalkulator

Finalisierung bis Mai 2027

- Hintergrundmodelle, Schnittstellen
- Ampelkarten für Erdwärmebrunnen
- Potenzialkarten für Erdwärmekollektoren
- Potenzialkarten für Erdwärmebrunnen
- Statistik zur ONG und MTG kann erst vervollständigt werden, wenn die Potenzialkarten für Brunnen und Kollektoren enthalten sind



WärmeGut

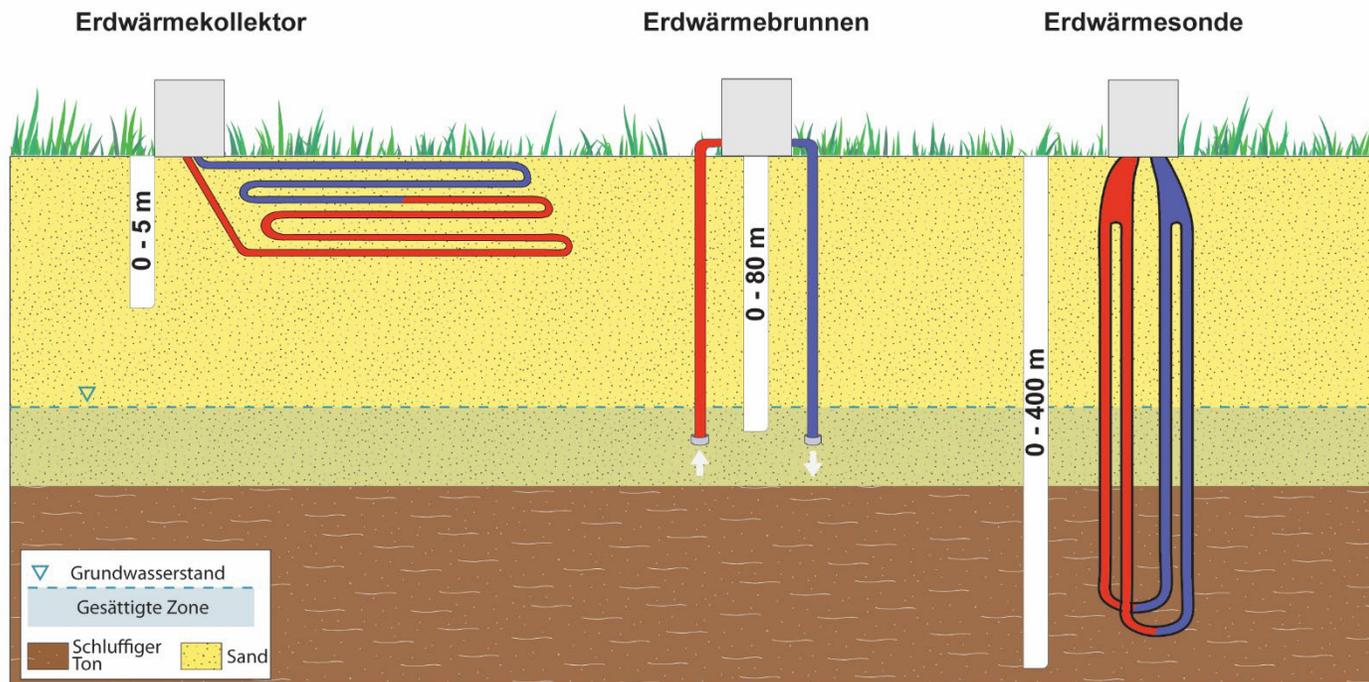


Entwicklung des Ampelkarten-Konzepts

Die Bewertung der geothermischen Eignung bedeutet, Bedingungen im Untergrund zu identifizieren, die die Nutzung von oberflächennaher Geothermie einschränken oder die **Stabilität geothermischer Systeme** sowie das Gleichgewicht anderer **menschlicher Aktivitäten** und **natürlicher Ressourcen** gefährden können.



Variabilität zwischen geothermischen Systemen



Ravidà et al., 2024

Erdwärmesonde:

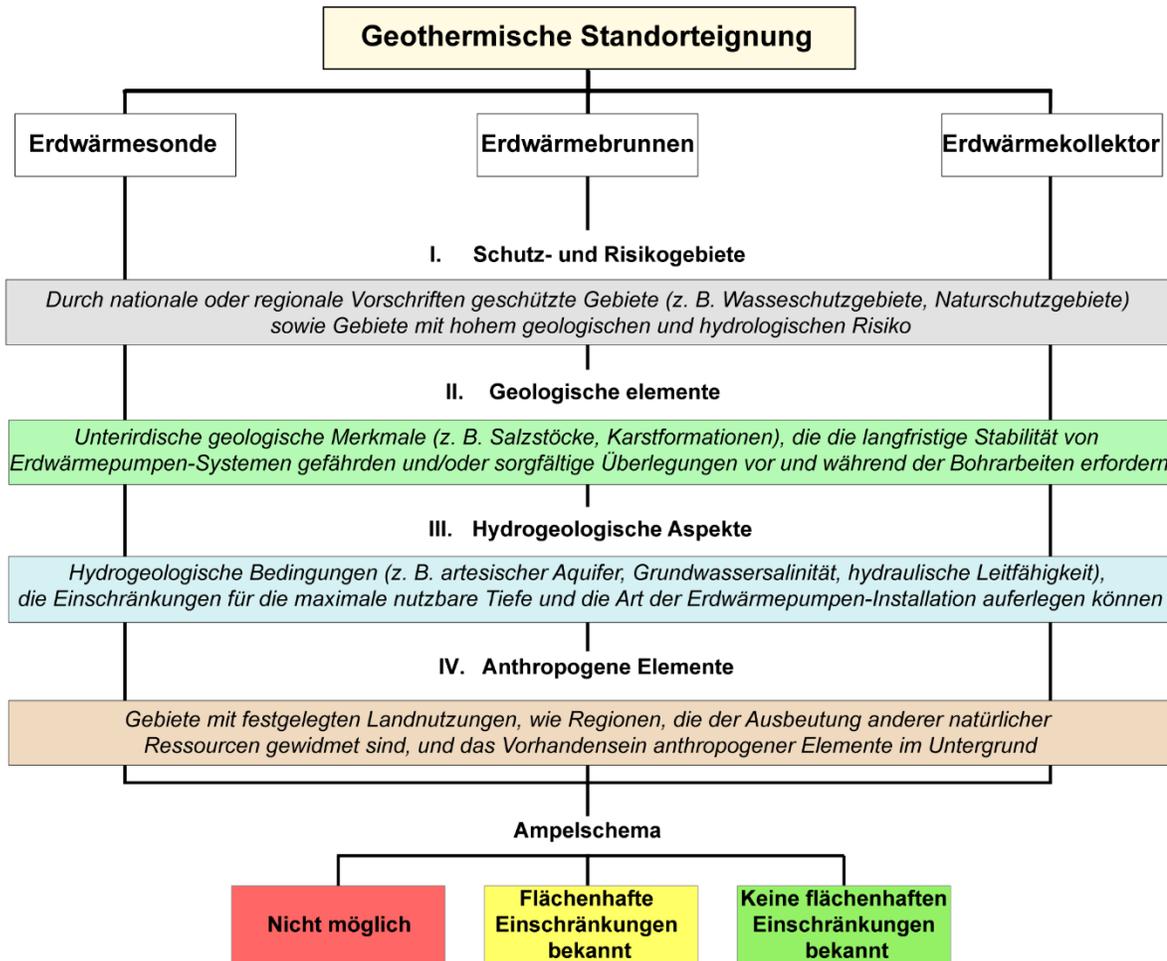
- Begrenzte Oberflächennutzung i. d. R. bis zu 400 Meter Tiefe
- Wechselwirkung mit „tiefen“ geologischen Strukturen und hydrogeologischen Elementen.

Erdwärmekollektor:

- Größere genutzte Fläche
- Tiefe < 5 Meter - tiefe geologische Charakterisierung ist nicht erforderlich
- Wechselwirkung mit dem ersten Aquifer

Erdwärmepumpen:

- Begrenzte Oberflächennutzung
- Bis zu mehr als 80 Meter Tiefe
- Wechselwirkung mit „tiefen“ geologischen Strukturen und hydrogeologischen Elementen
- Umfassende Bewertung der Grundwassersysteme



Eignungsklassen

- i) **nicht geeignet** - eine oder mehrere Konfliktbedingungen verhindern die Nutzung der oberflächennahen Geothermie;
- ii) **eingeschränkt geeignet** - die Installation von Erdwärmepumpen ist unter bestimmten technischen und/oder tiefenbezogenen Bedingungen möglich;
- iii) **geeignete Gebiete** - die Nutzung der oberflächennahen Geothermie ist voraussichtlich ohne Einschränkungen möglich

(Anm.: Bei Umsetzung in GeotIS wurden die Beschreibungen der Eignungsklassen nochmals präzisiert)

Arbeitsablauf (schematisch) zur Erstellung der Ampelkarten für Erdwärmesonden

Kriterienkatalog für Erdwärmesonden

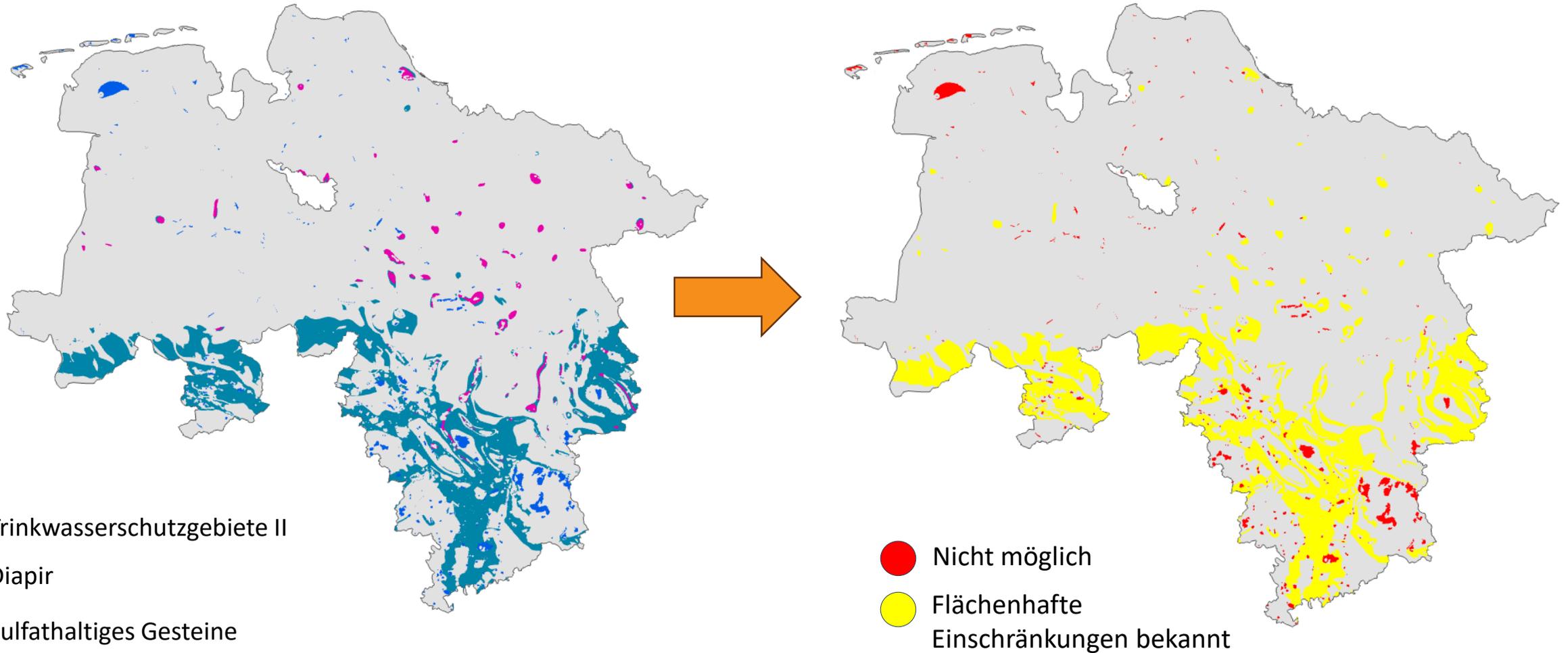
CODE	Kriterien	Hamburg	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen
Schutz- und Risikogebiete				
KA1	Trinkwasserschutzgebiete I, II, IIA und IIB			
KA2	Qualitative Heilquellenschutzgebiete I und II, IIA und IIB	n.z.		
KA3	Trinkwasserschutzgebiete III, IIIA oder III/1			
KA4	Qualitative Heilquellenschutzgebiete III, IIIA oder III/1	n.z.		
KA5	Quantitative Heilquellenschutzgebiete A	n.z.	n.z.	
KA6	Quantitative Heilquellenschutzgebiete B	n.z.	n.z.	
KA7	Andere Trinkwasserschutzgebiete (z.B. IIIB)	n.z.		
KA8	Andere qualitative und quantitative Heilquellenschutzgebiete (z.B. IIIB, D)	n.z.	n.z.	
KA9	Geplante Trinkwasserschutzgebiete			
KA10	Trinkwassergewinnungsgebiete	n.z.		
KA11	Sonstige Nutzung von Grundwasser (z.B. Thermalwassergewinnung, Trinkwassergewinnung zur Lebensmittelherstellung)			
KA12	Küstenschutzgebiete	n.z.		n.z.
KA13	Überschwemmungsgebiete			n.z.
KA14	Überschwemmungsgefährdete Gebiete			
KA15	Landeswassergesetze (z.B. Abstände von Brunnen)		n.z.	
KA16	Tiefenabhängige, nutzbare Aquifere und Begrenzungen der Bohrtiefe		n.z.	
KA17	Rutschungsgebiete			
KA18	Naturschutzgebiete			
KA19	Nationalpark Kernzone	n.z.		
KA20	Nationalpark außer Kernzone	n.z.		
KA21	Gewässerrandstreifen			n.z.

CODE	Kriterien	Hamburg	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen
Geologische Elemente				
KB1	Glaziale Rinnen			n.z.
KB2	Salzdiapire und salzhaltige Gesteine			
KB3	Karst (Karbonate, Sulfate) und Dolinen			
KB4	Grundgebirge, Kluftgrundwasserleiter	n.z.	n.z.	
KB5	Sulfathaltiges Gesteine			
KB6	Hohe Wasserdurchlässigkeit der Gesteine	n.z.		
KB7	Störungszonen	n.z.		
KB8	Quellfähige Gesteine (z.B. Anhydrit, Tonmineralien)			
Hydrogeologische Aspekte				
KC1	Arteser			
KC2	Grundwasserleiter im ausgeprägten Stockwerkbau			
KC3	Tiefe Grundwasserleiter	n.z.		
KC4	Salziges Grundwasser, zementangreifende Grundwässer			
KC5	Aufstiegszonen von CO ₂ und H ₂ S	n.z.		
KC6	Unwirksamkeit schützender Deckschichten			n.z.
Anthropogene Elemente				
KD1	Urbane Untergrund-Infrastruktur			
KD2	Bergbaugebiete			
KD3	Altlasten: Bereich der Bodenverunreinigung	s.D.	s.D.	s.D.
KD4	Altlasten: Bereich der Grundwasserunreinigung	s.D.	s.D.	s.D.
KD5	Öl- und Gasvorkommen			
KD6	Unterirdische Lagerung (z.B. radioaktive Abfälle, Gas)			

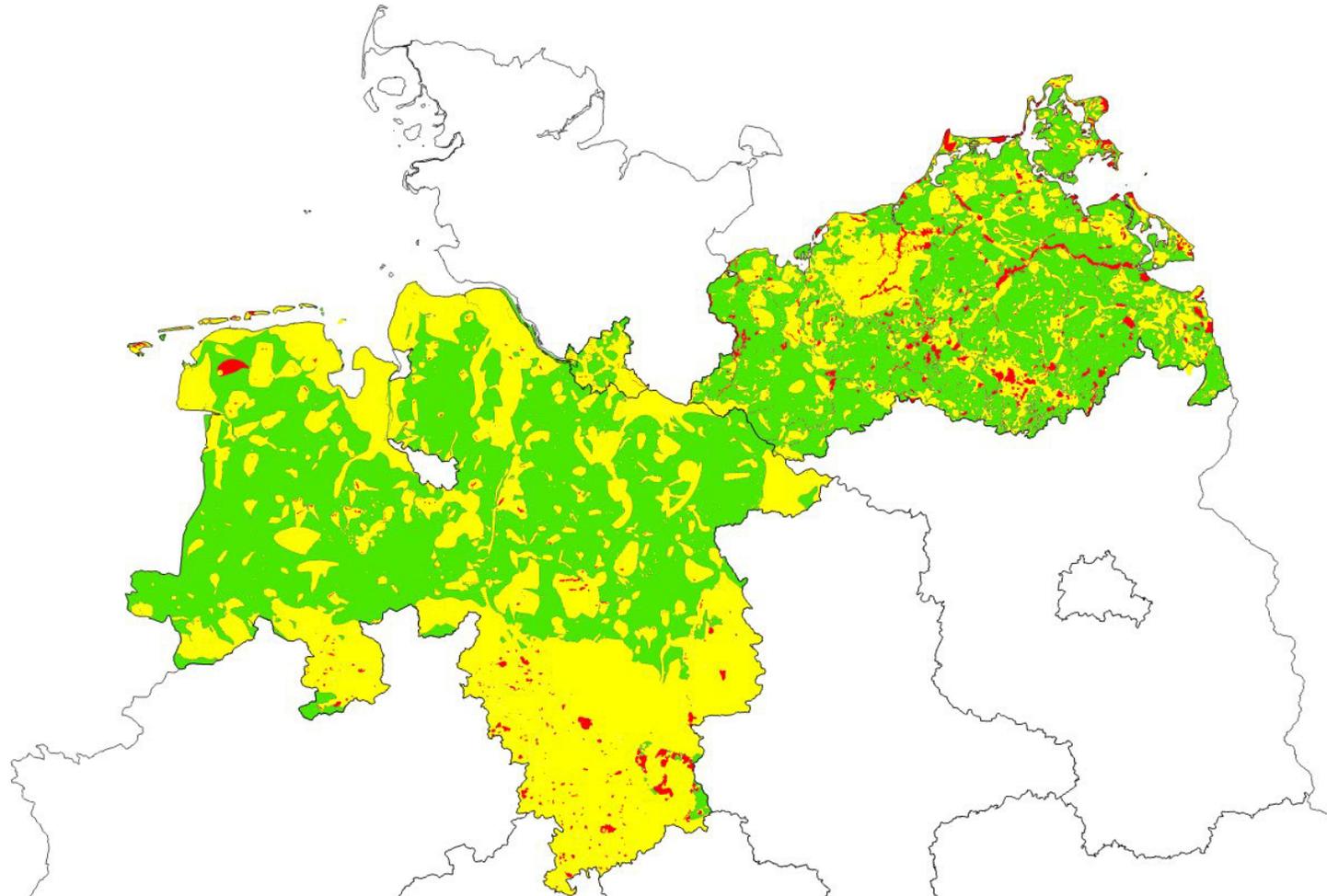
Legende	
	Nicht möglich
	Flächenhafte Einschränkungen bekannt
	Keine flächenhaften Einschränkungen bekannt
	n.z. Nicht zutreffend

Die Zuordnung erfolgt in Abstimmung mit den Staatlichen Geologischen Diensten der einzelnen Bundesländer

Von thematischen Geoinformationen zur Ampelkarte

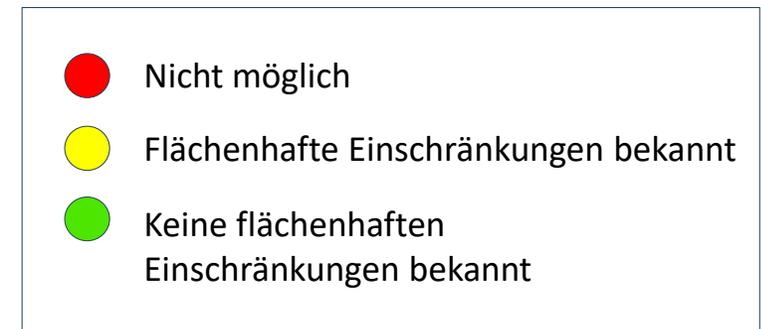
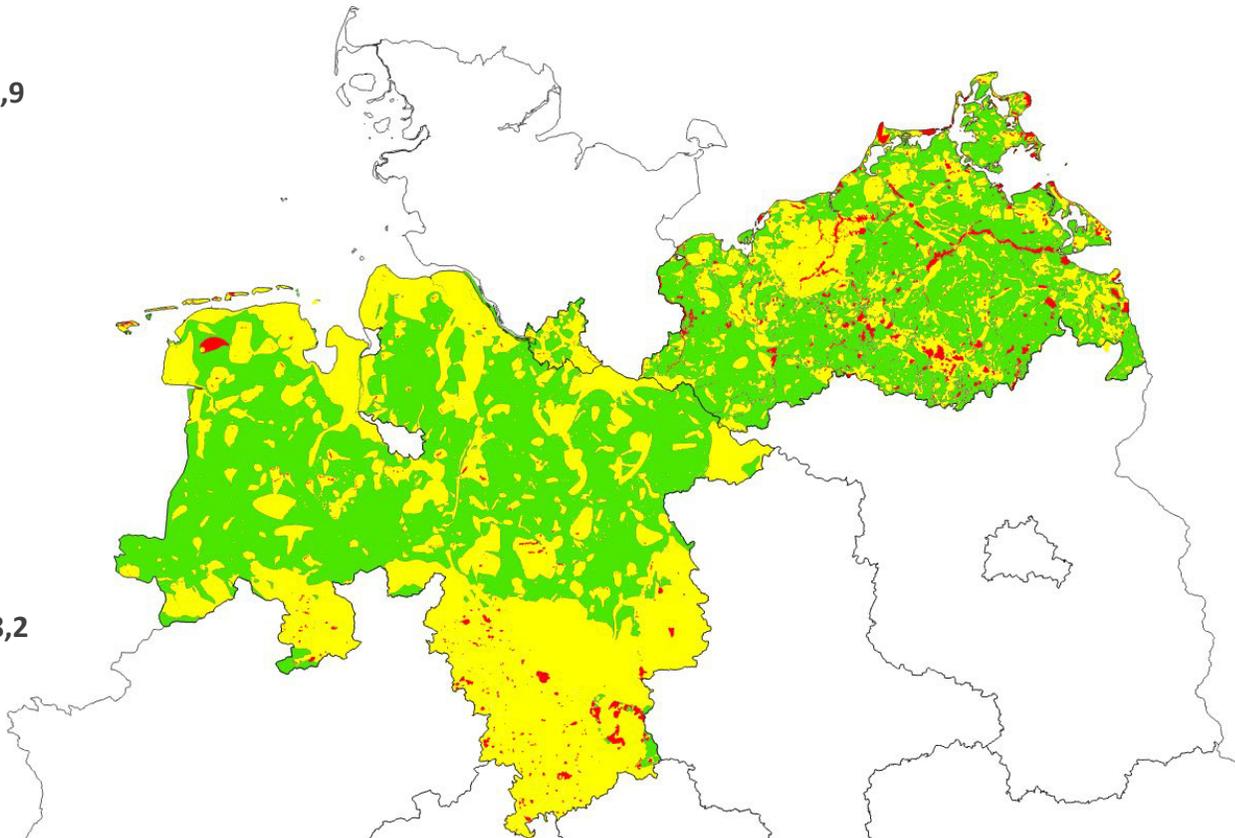
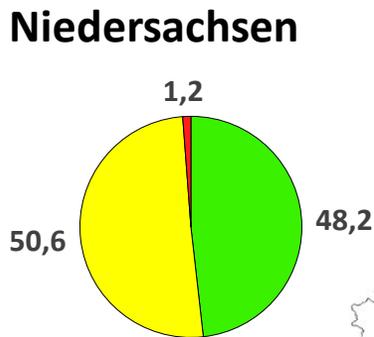
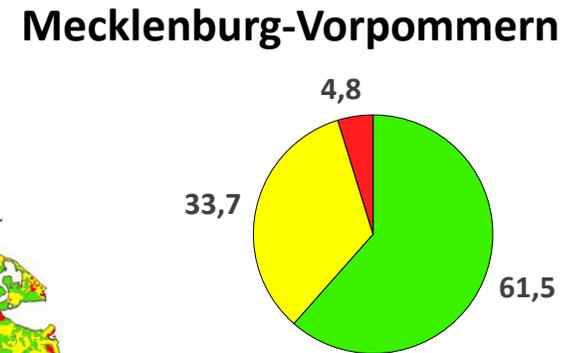
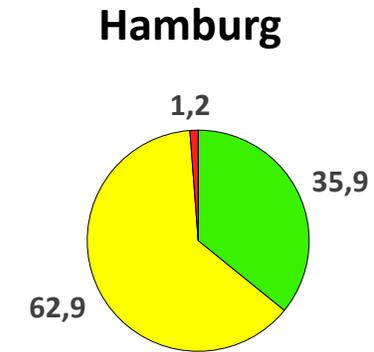


Ampelkarte Erdwärmesonden

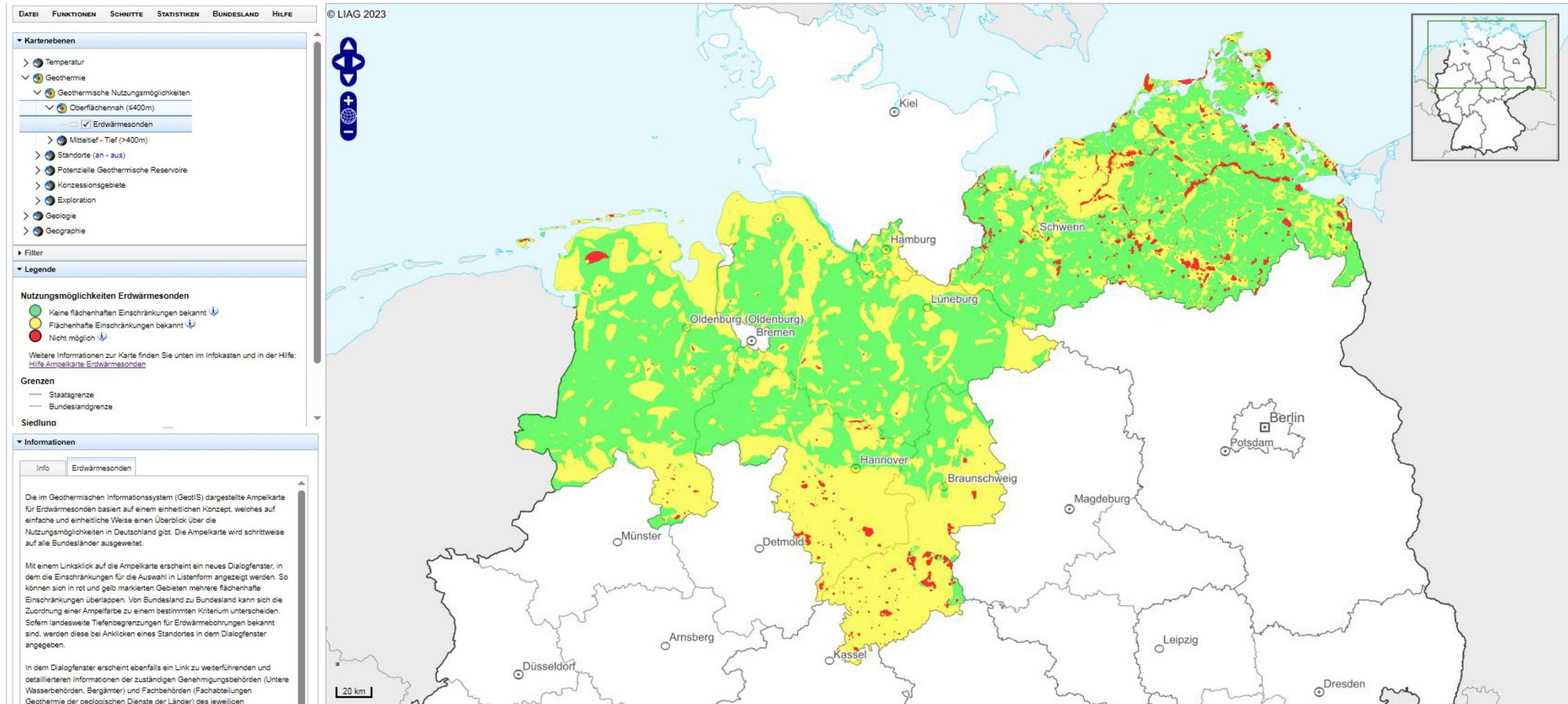


-  Nicht möglich
-  Flächenhafte Einschränkungen bekannt
-  Keine flächenhaften Einschränkungen bekannt

Regionale Verteilung der Eignung von Erdwärmesonden



Ampelkarte Erdwärmesonden – GeotIS (erste Version)



Bundesländer Pop-up-Fenster – GeotIS (erste Version)



The screenshot displays the GeotIS (Geothermisches Informationssystem) web application. The interface includes a top navigation bar with the GeotIS logo, a German flag, and the LIAG logo. Below this is a menu with options: DATEI, FUNKTIONEN, SCHNITTE, STATISTIKEN, BUNDESLAND, and HILFE. The main content area is divided into several sections:

- Kartenebenen:** A tree view showing map layers such as Temperatur, Geothermie, Geothermische Nutzungsmöglichkeiten, and Erdwärmesonden.
- Filter:** A section for filtering data.
- Legende:** A legend for the map layers, including 'Nutzungsmöglichkeiten Erdwärmesonden' with color-coded categories: green for 'Keine flächenhaften Einschränkungen bekannt', yellow for 'Flächenhafte Einschränkungen bekannt', and red for 'Nicht möglich'.
- Informationen:** A section providing detailed information about the system and data.

The central map shows a geographical area with various colored zones. A pop-up window titled 'Mecklenburg-Vorpommern (x=3691753, y=5966973)' is open, displaying the following information:

- Zuständige Fach-/Genehmigungsbehörden:** Fachbehörde: Landesamt für Umweltschutz, Naturschutz und Geologie (LUNG) M-V. Further information: [Infoportal Oberflächennahe Geothermie](#). Applications: [Leitfäden Erdwärmesonden](#). Detail maps: [Kartenportal](#).
- Bohrungsanzeige:** [LUNG M-V \(Pflicht bei allen Bohrungen\)](#) and [Bergamt M-V \(Zusätzlich Pflicht bei Bohrungen über 100 m Tiefe\)](#).
- Einschränkungen am gewählten Standort:** A red box indicates 'Nicht möglich'.
- Rot im GeotIS bedeutet,** dass die Installation von Erdwärmesonden aufgrund von im jeweiligen Bundesland geltenden Gesetzen und Verordnungen verboten ist.
- Gründe:**
 - Red circle: Wasserschutzgebiet I oder II (auch III, IIB)
 - Yellow circle: Gewässerrandstreifen oder Überschwemmungsgebiet
- Aktualität:** Stand der Daten: Januar 2024.
- A note: 'Wir sind bemüht, die Daten regelmäßig zu aktualisieren, trotzdem kann es vereinzelt zu Abweichungen kommen. Die Prüfung und Genehmigung von Erdwärmesonden erfolgt ausschließlich durch die zuständigen Landesbehörden, das LIAG übernimmt keine Gewähr für die Erfolgchancen eines entsprechenden Antrages.'

Buttons at the bottom of the pop-up window are 'Zum Infoportal LUNG' and 'Infobox schließen'. A hand cursor is visible over the map, pointing towards the pop-up window.

Arbeitsablauf zur Erstellung der Ampelkarten für Erdwärmekollektoren

Kriterienkatalog Erdwärmekollektoren

CODE	Kriterien
Gesetzliche / Wasserwirtschaftliche Regularien	
XA1	Trinkwasserschutzgebiete I, II, IIA und IIB
XA2	Qualitative Heilquellenschutzgebiete I und II, IIA und IIB
XA3	Trinkwasserschutzgebiete III, IIIA oder III/1
XA4	Qualitative Heilquellenschutzgebiete III, IIIA oder III/1
XA5	Quantitative Heilquellenschutzgebiete A
XA6	Quantitative Heilquellenschutzgebiete B
XA7	Andere Trinkwasserschutzgebiete (z.B. IIIB)
XA8	Andere qualitative und quantitative Heilquellenschutzgebiete (z.B. IIIB, D)
XA9	Geplante Trinkwasserschutzgebiete
XA10	Trinkwassergewinnungsgebiete
XA11	Sonstige Nutzung von Grundwasser (z.B. Thermalwassergewinnung, Trinkwassergewinnung zur Lebensmittelherstellung)
XA12	Küstenschutzgebiete
XA13	Überschwemmungsgebiete
XA14	Überschwemmungsgefährdete Gebiete
XA15	Landeswassergesetze (z.B. Abstände von Brunnen)
XA16	Rutschungsgebiete
XA17	Naturschutzgebiete
XA18	Nationalpark
XA19	Gewässerrandstreifen

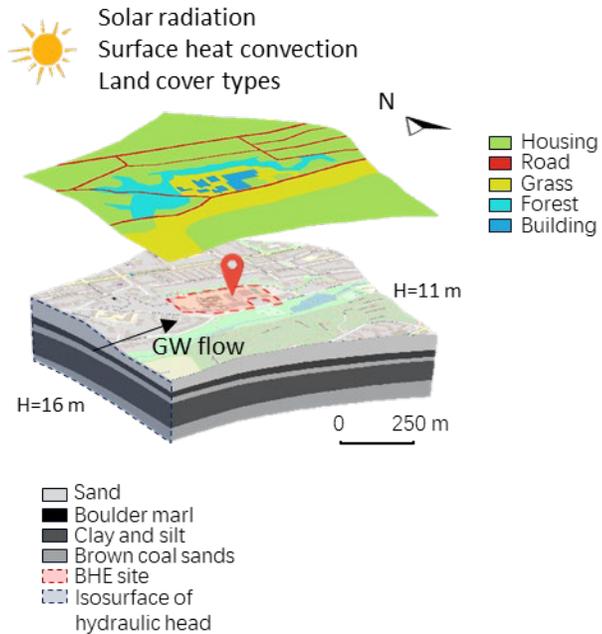
CODE	Kriterien
Geologische Kriterien	
XB1	Salzdiapire und salzhaltige Gesteine
XB2	Karst, Erdfälle und Dolinen
XB3	Schutzwürdige Böden
XB4	Sulfathaltiges Gesteine
Hydrogeologische Kriterien	
XC1	Salziges Grundwasser, zementangreifende Grundwässer
XC2	Flacher Grundwasserflurabstand
XC3	Oberflächennahe Ausgasungen
Anthropogene Kriterien	
XD1	Bergbauggebiete
XD2	Altlasten: Bereich der Bodenverunreinigung
XD3	Altlasten: Bereich der Grundwasserunreinigung

- Die aktuellste und möglicherweise endgültige Version des Kriterienkatalogs für Erdwärmekollektoren umfasst insgesamt **29 Kriterien**.

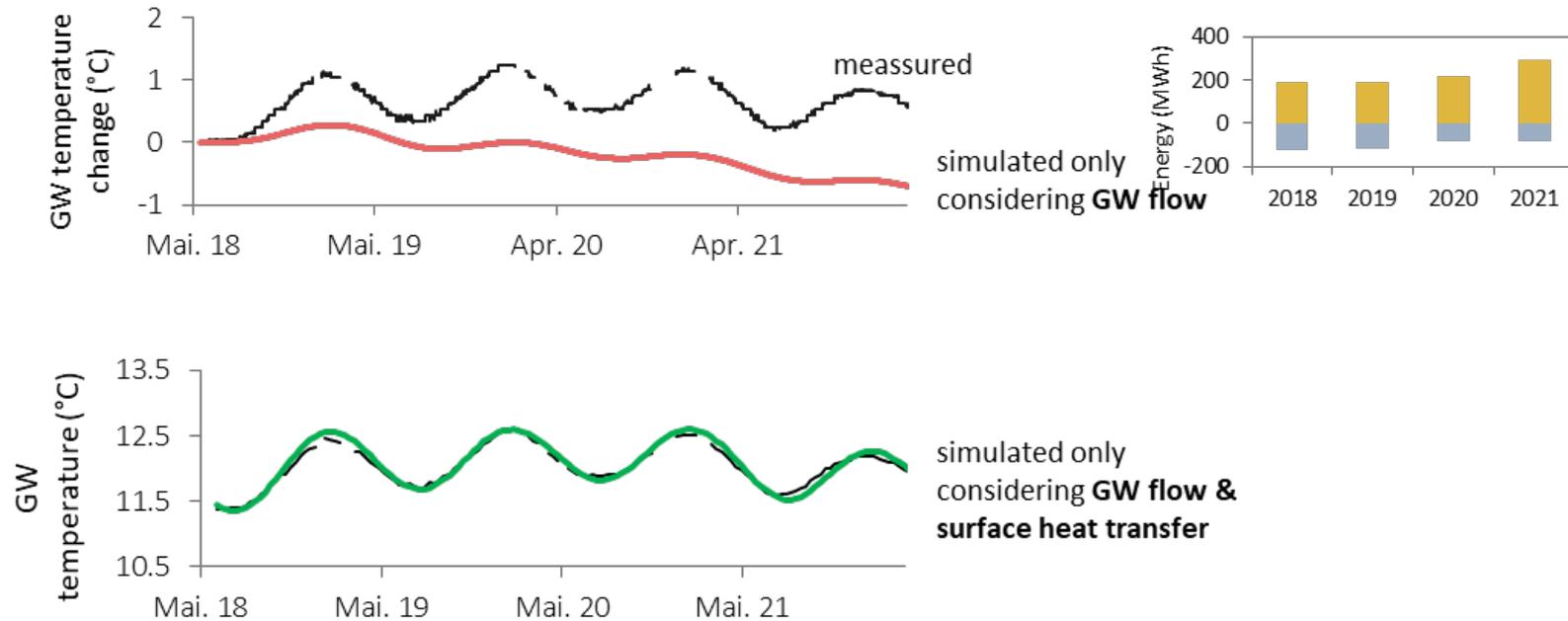
- Grabbarkeit** (ehemals Kriterium XB5) wurde von der Liste entfernt.

Aktuelles: Exkurs Erdwärmesonden – Optimierung, gegenseitige Beeinflussung

– Numerische Modellierung



1) Wärmezufuhr von der Oberfläche und aus dem Grundwasser



2) Prognose Untergrundtemperaturen und Nachhaltigkeit

3) Optimierung der thermischen Betriebsweise/-strategie

- Liu Q., Rioseco E. M., Weiland F., Pärish, P., Ptak, T. 2025. Sustainability prediction of a large borehole heat exchanger array considering the impacts of solar radiation and land cover changes. - Energy, 2025, 322: 135630, Elsevier
- Liu Q., Rioseco E. M., Huang, M., Weiland F., Pärish, P., Ptak, T. 2025. A surrogate-based computational framework for optimizing thermal strategies in large multi-subsystem borehole heat exchanger sites. - Energy, 2025, 322: 135705, Elsevier.



WärmeGut



Datengrundlage Potenzialkarten

Satellitengestützte Oberflächentemperaturberechnung und Bohrlochtemperaturen

Björn Holstein, Muhammad Anees & Jens-Olaf Delfs (LIAG)

www.waermegut.de

13.05.2025

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hinweise zum Urheberrecht und Copyright

Diese Unterlagen sind ausschließlich für den persönlichen Gebrauch durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Workshopreihe „Nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung: kommunal und regional“ des siz energieplus vom 13.05.2025 bestimmt.

In diesen Unterlagen ist z. T. geistiges Eigentum Dritter in zitierender Weise wiedergegeben, weshalb eine unrechtmäßige Weiterverbreitung dieser Unterlagen neben ideellen auch finanzielle Schäden nach sich ziehen kann, für die die Verursachenden haftbar gemacht werden. Eine Weitergabe an außenstehende Dritte in irgendeiner Form ist deshalb grundsätzlich nicht gestattet.

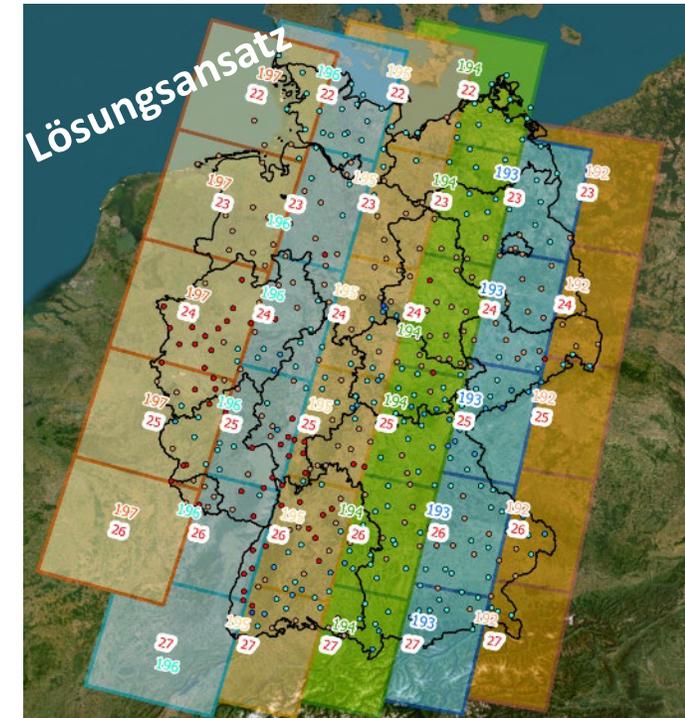
Falls nicht anders angegeben, hält das **LIAG-Institut für Angewandte Geophysik** die Urheberrechte an den dargestellten Abbildungen, Grafiken und Tabellen. Für die Teile dieses Dokuments, an denen die Verfasser selbst die Urheberrechte halten, werden auf Anfrage gerne weitergehende Nutzungsrechte gewährt.

Die dargestellten quantitativen Ergebnisse sind beispielhafter Natur und ersetzen keine Fachplanung. Auch lassen sich trotz aller Sorgfalt Fehler nicht ausschließen. Es kann deshalb keinerlei Haftung für die Anwendbarkeit oder Tauglichkeit in einem konkreten Anwendungsfall übernommen werden.

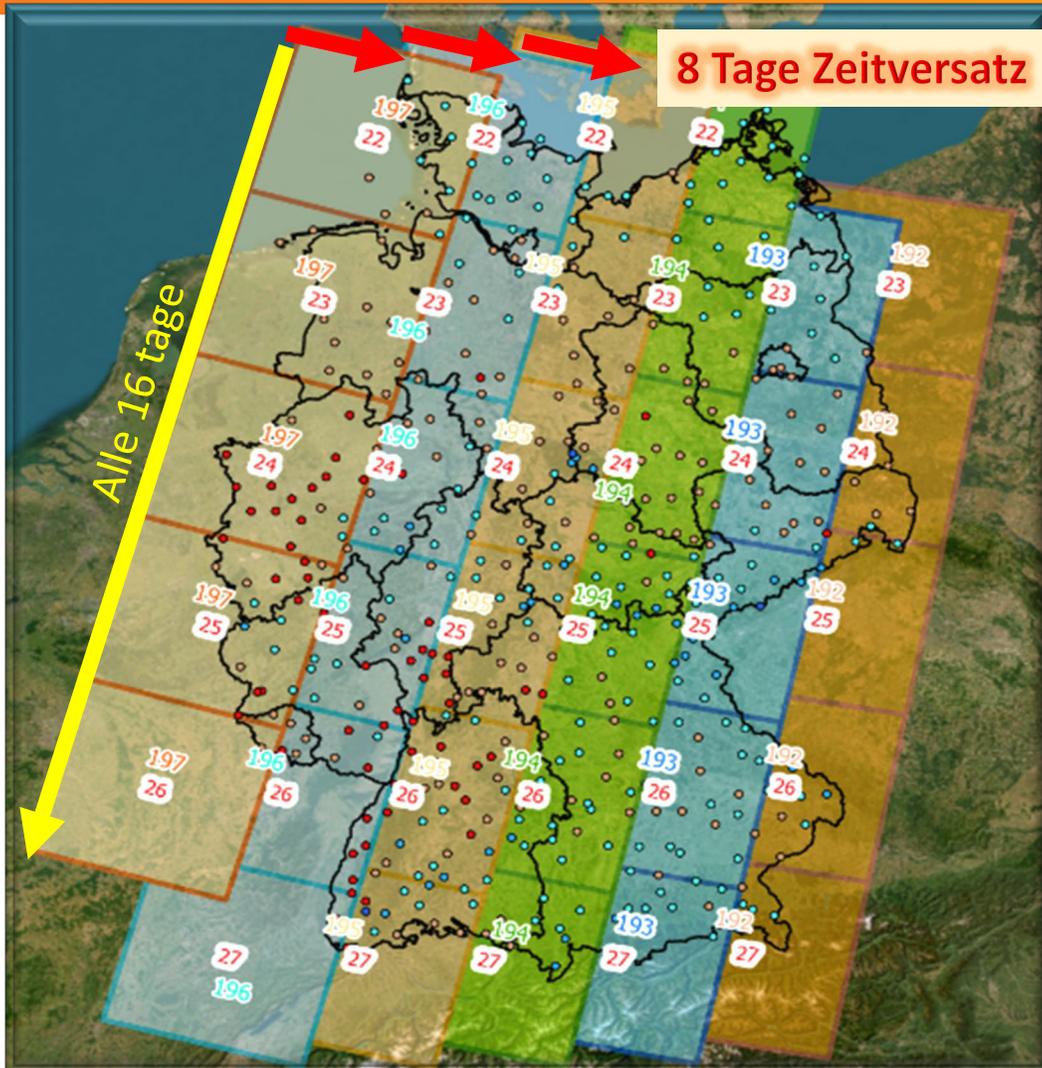
- Datenrecherche Oberflächentemperaturen (LST) für 3 D Temperaturmodell -> 13m Einfluss in die Tiefe
- Vorhanden: Langjährige Mittelwerte der Luft- und Bodentemperatur an DWD Stationen - langer Beobachtungszeitraum aber geringe Auflösung durch nur ca. 500 Stationen
- Notwendig für GeotIS: 100m x 100m



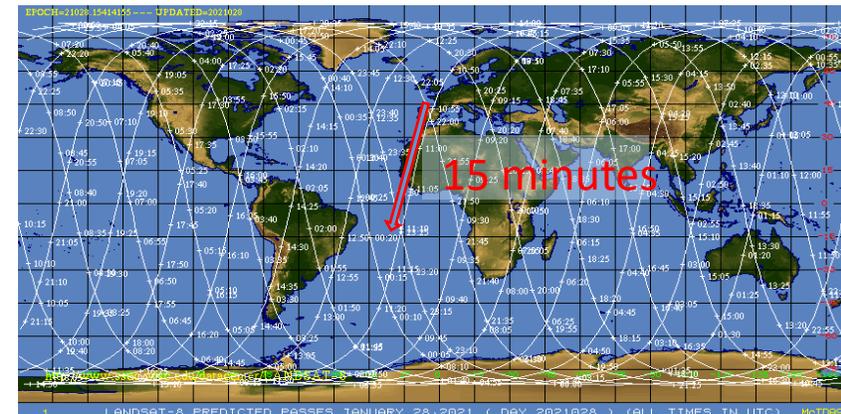
- LST von Satellitendaten
- Beste Qualität: **LANDSAT 8** (bis 30m Auflösung)
- Emissions/Reflexionswerte der Erdoberfläche gemessen durch Satellitensensoren -> Weiterverarbeitung (processing) notwendig
- Wolkenbedeckung -> aus Daten herauschneiden



Verfügbare Landsat 8 Daten



Landsat 8 Satellitendaten werden pro Kachel nur alle 16 Tage aufgenommen. Dies muss bei der Berechnung langjähriger Temperaturmittel beachtet werden.



Arbeitsschritte Processing Landsat 8 Daten

Step 1: Conversion to Top of Atmosphere (TOA) Radiance:

Using the radiance rescaling factor, Thermal Infra-Red Digital Numbers can be converted to TOA spectral radiance.

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL - O_1$$

$$L\lambda = 0.0003342 * \text{Band10} + 0.10000 - 0.29$$

Where:
 Lλ = TOA spectral radiance (Watts/ (m² * sr * μm))
 ML = Radiance multiplicative Band (No.)
 AL = Radiance Add Band (No.)
 Qcal = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)
 O₁ = correction value for band 10 is 0.29

Band 10 Reskalierung
 -> Zahlenwerte -> Reflexionswerte

Step 2: Conversion to Top of Atmosphere (TOA) Brightness Temperature (BT):

Spectral radiance data can be converted to top of atmosphere brightness temperature using the thermal constant Values in Meta data file.

$$\text{Kelvin (K) to Celsius (°C) Degrees } BT = K2 / \ln(k1 / L\lambda + 1) - 273.15$$

$$BT = (1321.0789 / \ln(774.8853 / \text{ToA} + 1)) - 273.15$$

Where:
 BT = Top of atmosphere brightness temperature (°C)
 Lλ = TOA spectral radiance (Watts/ (m² * sr * μm))
 K1 = K1 Constant Band (No.)
 K2 = K2 Constant Band (No.)

TOA Spektralwerte ->
 Helligkeitstemperatur

Step 3: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI):

The Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) is a standardized vegetation index which Calculated using Near Infra-red (Band 5) and Red (Band 4) bands.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

$$NDVI = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$$

Where:
 RED= DN values from the RED band
 NIR= DN values from Near-Infrared band

Vegetation: IR schwache Reflexion, Nah
 IR: starke Reflexion

Step 4: Land Surface Emissivity (LSE):

Land surface emissivity (LSE) is the average emissivity of an element of the surface of the Earth calculated from NDVI values.

$$PV = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2$$

Where:
 PV = Proportion of Vegetation
 NDVI = DN values from NDVI Image
 NDVI_{min} = Minimum DN values from NDVI Image
 NDVI_{max} = Maximum DN values from NDVI Image

$$E = 0.004 * PV + 0.986$$

Where:
 E = Land Surface Emissivity
 PV = Proportion of Vegetation
 0.986 corresponds to a correction value of the equation

1. Stufe Vegetationsanteil
 2. Stufe Emissionsgrad
 Landoberfläche

Step 5: Land Surface Temperature (LST):

The Land Surface Temperature (LST) is the radiative temperature Which calculated using Top of atmosphere brightness temperature, Wavelength of emitted radiance, Land Surface Emissivity.

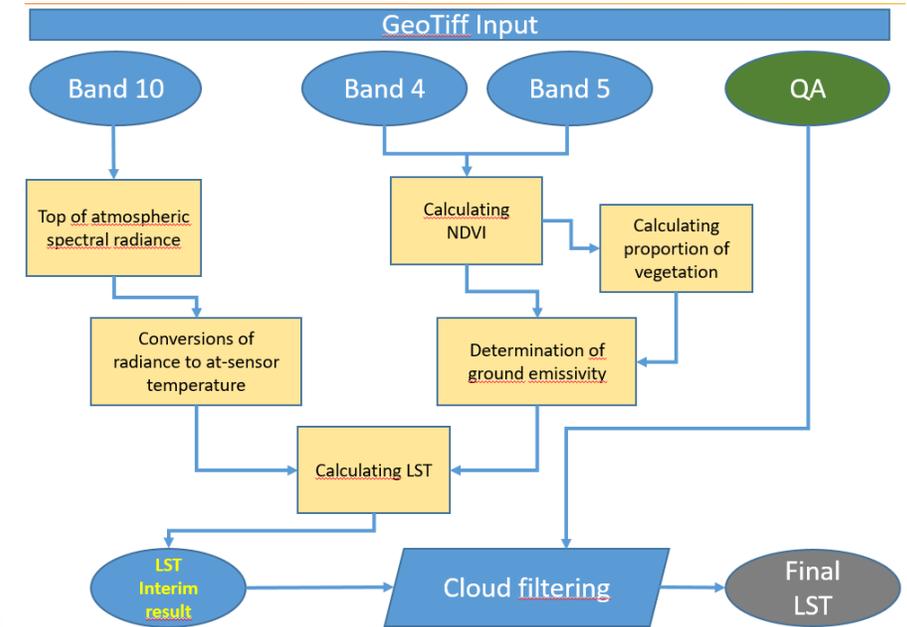
$$LST = BT / (1 + (\lambda * BT / c2) * \ln(E))$$

Here, c2= 14388 μm K

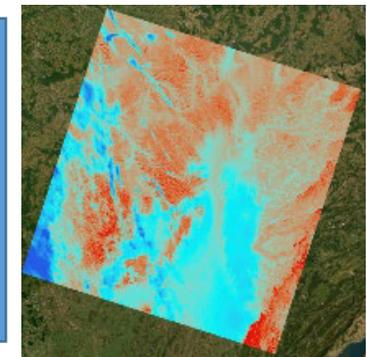
The Values of λ for Landsat 8: For Band 10 is 10.8 and for Band 11 is 12.0

Where
 BT = Top of atmosphere brightness temperature (°C)
 λ = Wavelength of emitted radiance
 E = Land Surface Emissivity
 c2= h*c/s=1.4388*10⁻² mK =14388 mK
 h=Planck's Constant =6.626*10⁻³⁴ J s
 s= Boltzmann constant =1.38*10⁻²³ JK
 c=velocity of light =2.998*10⁸ m/s

Emissionskorrigierte
 Landoberflächentemperatur



Output:
 Temperaturdaten
 inklusive Wolken



Arbeitsschritte Wolkenfilterung

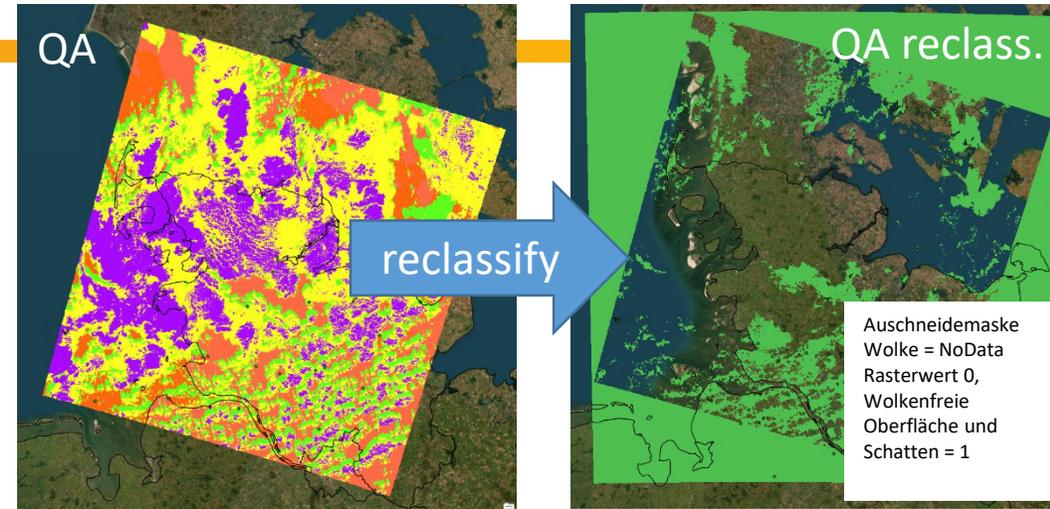
ArcGIS Tool: Reklassifizieren (reclassify)

-> **QA Dateien** mit Wolkeninformationen vereinfachen, Schatten inkludieren und als vereinfachte Version speichern, die als Basis zum Ausschneiden der generierten LST Karten dienen

Pixel Value	Fill	Dilated Cloud	Cirrus	Cloud	Cloud Shadow	Snow	Clear	Water	Cloud Conf.	Cloud Shadow Conf.	Snow/Ice Conf.	Cirrus Conf.	Pixel Description
1	Yes	No	No	No	No	No	No	No	None	None	None	None	Fill
21824	No	No	No	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	Low	Clear with lows set
21826	No	Yes	No	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	Low	Dilated cloud over land
21888	No	No	No	No	No	No	No	Yes	Low	Low	Low	Low	Water with lows set
21890	No	Yes	No	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	Low	Dilated cloud over water
22080	No	No	No	No	No	No	Yes	No	Mid	Low	Low	Low	Mid conf cloud
22144	No	No	No	No	No	No	Yes	No	Mid	Low	Low	Low	Mid conf cloud over water
22280	No	No	No	Yes	No	No	No	No	High	Low	Low	Low	High conf Cloud
23888	No	No	No	No	Yes	No	Yes	No	Low	High	Low	Low	High conf cloud shadow
23952	No	No	No	No	Yes	No	No	Yes	Low	High	Low	Low	Water with cloud shadow
24088	No	No	No	Yes	Yes	No	No	No	Mid	High	Low	Low	Mid conf cloud with shadow
24216	No	No	No	Yes	Yes	No	No	Yes	Mid	High	Low	Low	Mid conf cloud with shadow over water
24344	No	No	No	Yes	Yes	No	No	No	High	High	Low	Low	High conf cloud with shadow
24472	No	No	No	Yes	Yes	No	No	Yes	High	High	Low	Low	High conf cloud with shadow over water
30048	No	No	No	No	No	Yes	Yes	No	Low	Low	High	Low	High conf snow/ice
54596	No	No	Yes	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	High	High conf Cirrus
54852	No	No	Yes	No	No	No	Yes	No	Mid	Low	Low	High	Cirrus, mid cloud
55052	No	No	Yes	Yes	No	No	No	No	High	Low	Low	High	Cirrus, high cloud

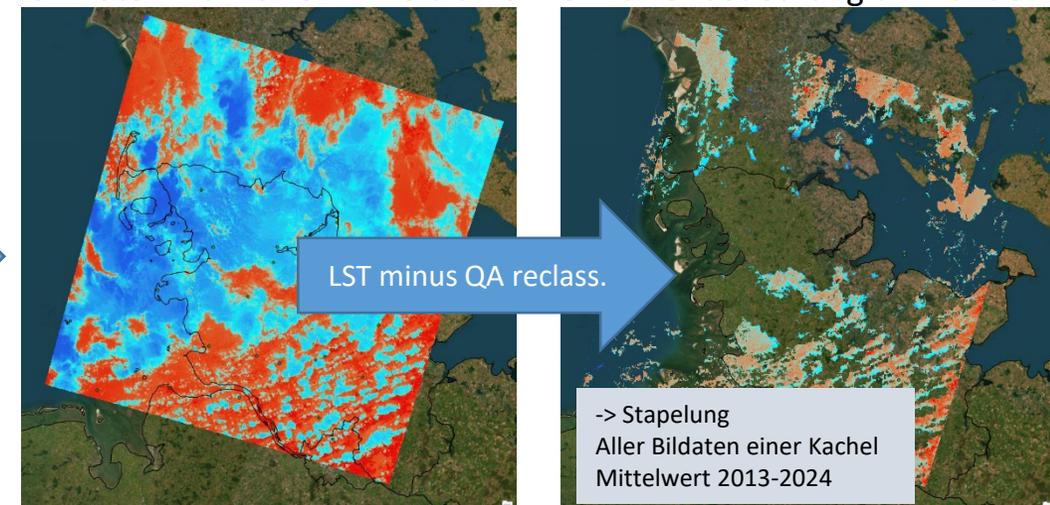
Wolkenklassifikation in QA Datei

ArcGIS Tool: Minus -> aus LST Kacheln wird der Wolkenanteil herausgeschnitten



LST Datei mit Wolken in Version ohne Wolkenbedeckung umwandeln

Aus processing

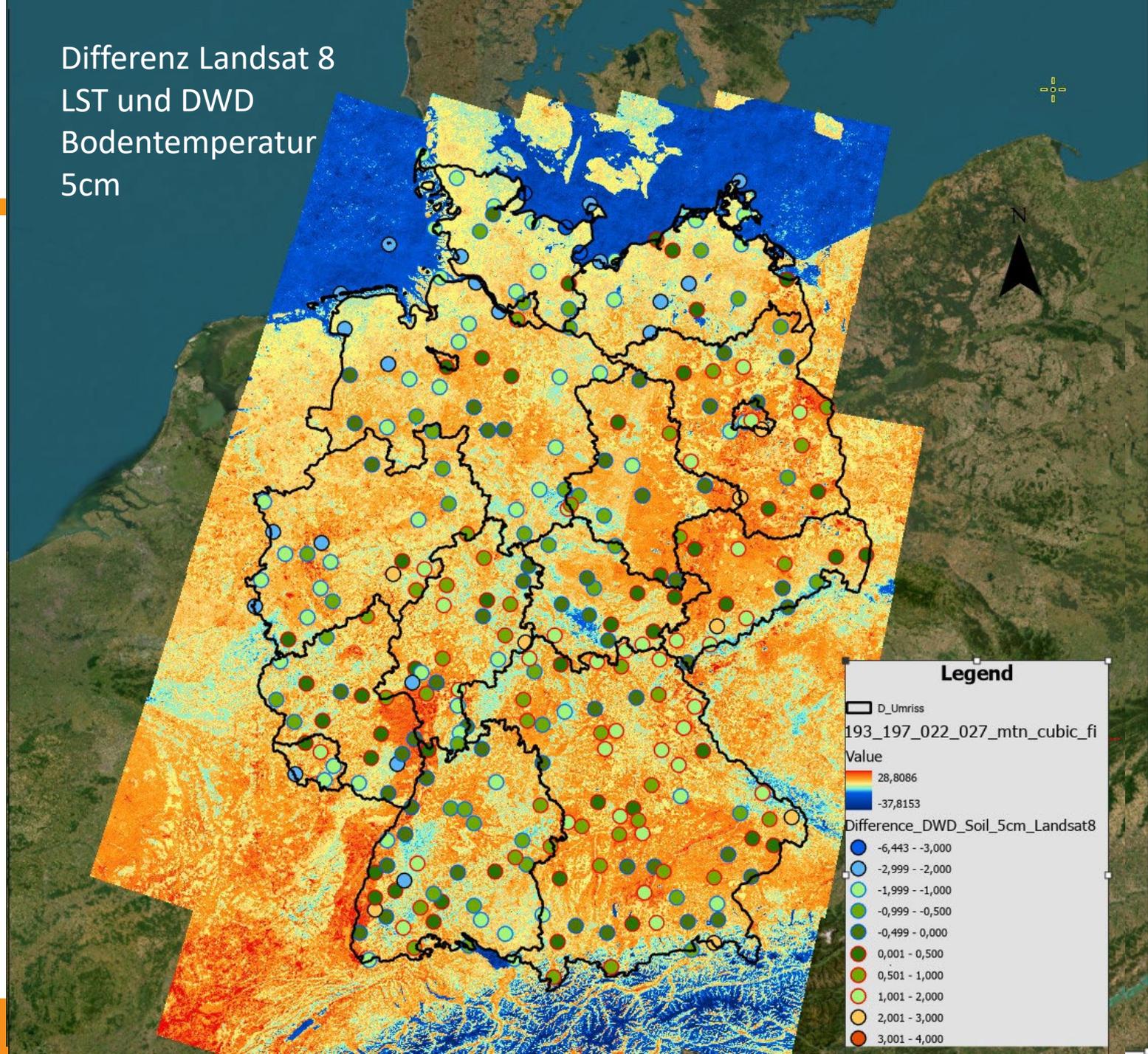


Zusammenfassung

DWD Oberflächentemperaturdaten

- geringe Auflösung (1 km Raster), flächendeckend interpoliert
- Landsat 8 LST Daten: höchste Auflösung (30m Raster)
- Nur wenige Bilder ohne Wolkenbedeckung vorhanden
- Lösungsansatz: Alle Landsat Bilder mit Wolken nutzen, Wolken Pixel für Pixel herausfiltern
- -> langjähriges Temperaturmittel für jede Pixelfläche
- Problem: Unterschiede des Mittelwertes zwischen einzelnen Kacheln (größerer zeitlicher Aufnahmeabstand)
- Lösung: Nutzung zusätzlicher Satellitendaten

Differenz Landsat 8
LST und DWD
Bodentemperatur
5cm



Zusammenfassung



DWD Temperaturwerte

11,1°

11°

Landsat Oberflächentemperaurwerte

9-10°

11-12°

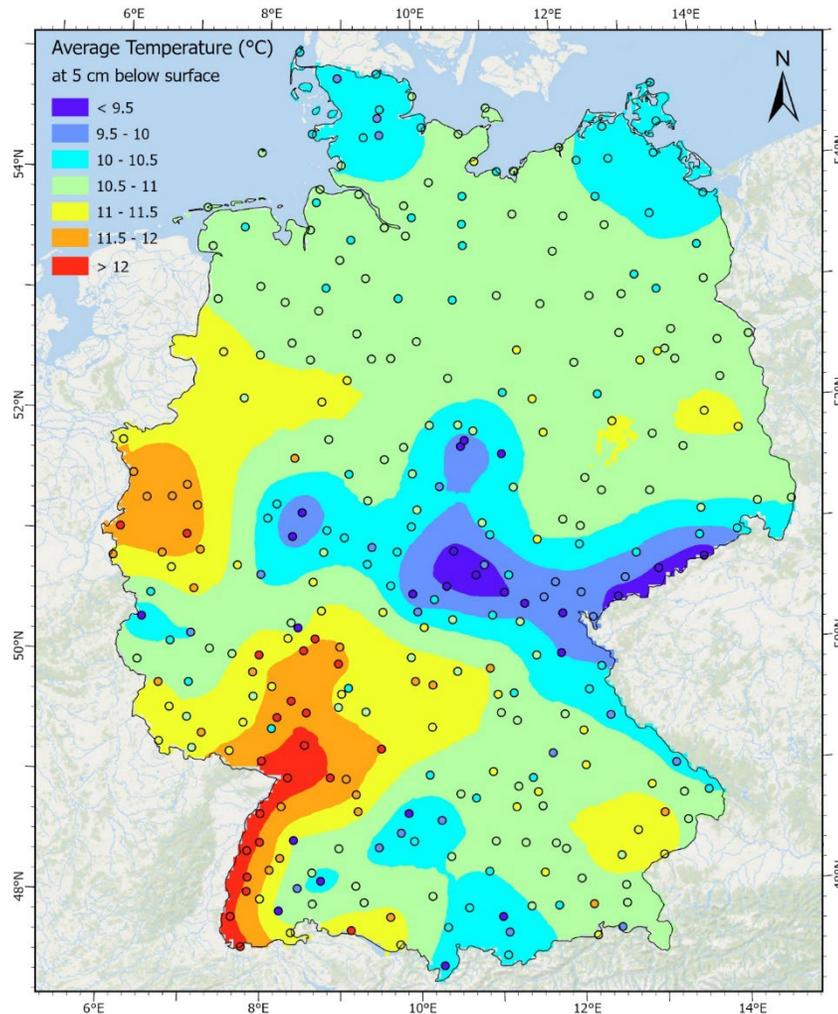
> 13°

< 8°

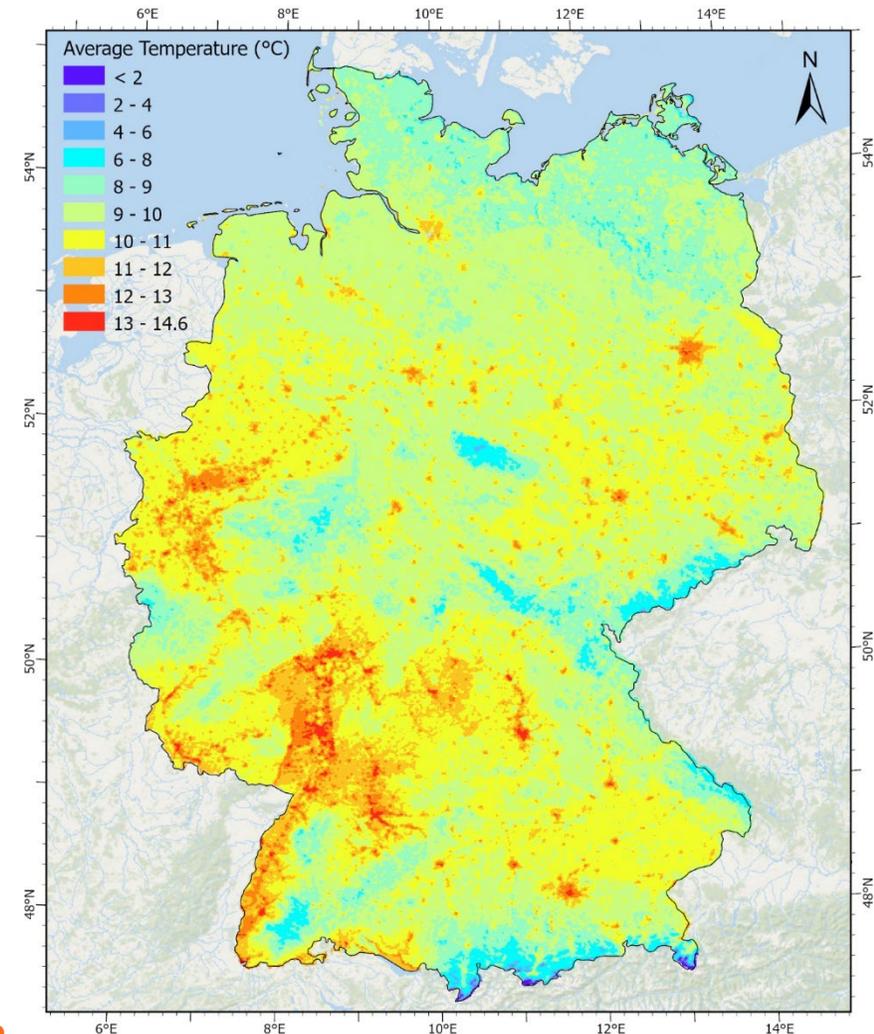
Vergleich der unterschiedlichen Auflösungen der Rasterkarten:
Die DWD Temperaturverteilungskarte lässt nur generalisierte Temperaturwerte erkennen, während die Landsat 8 Auswertung Gebäude und andere größere Flächen wiedergibt

Datengegenüberstellung Landoberflächentemperaturen

DWD 5cm Soil Temperature 1990 to 2020

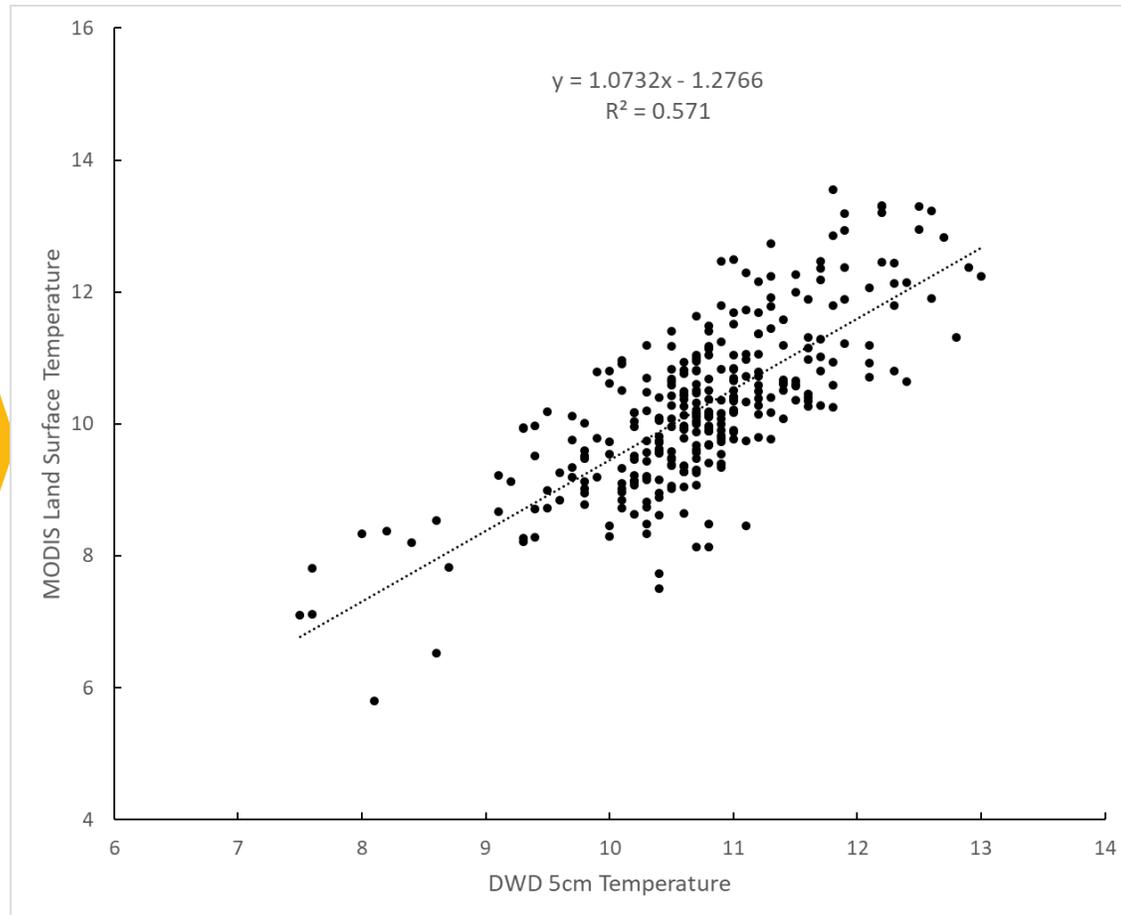


MODIS Weekly Temperature 2002 to 2025 (1 km resolution)

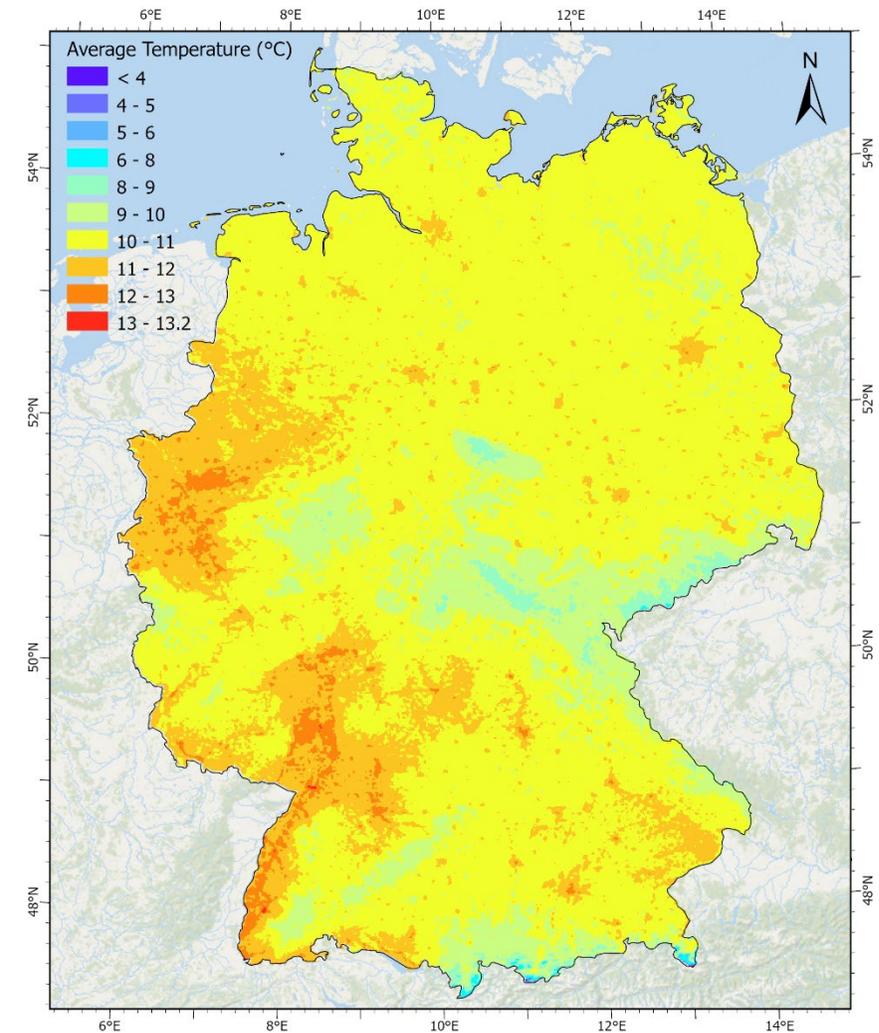


Datengegenüberstellung Landoberflächentemperaturen

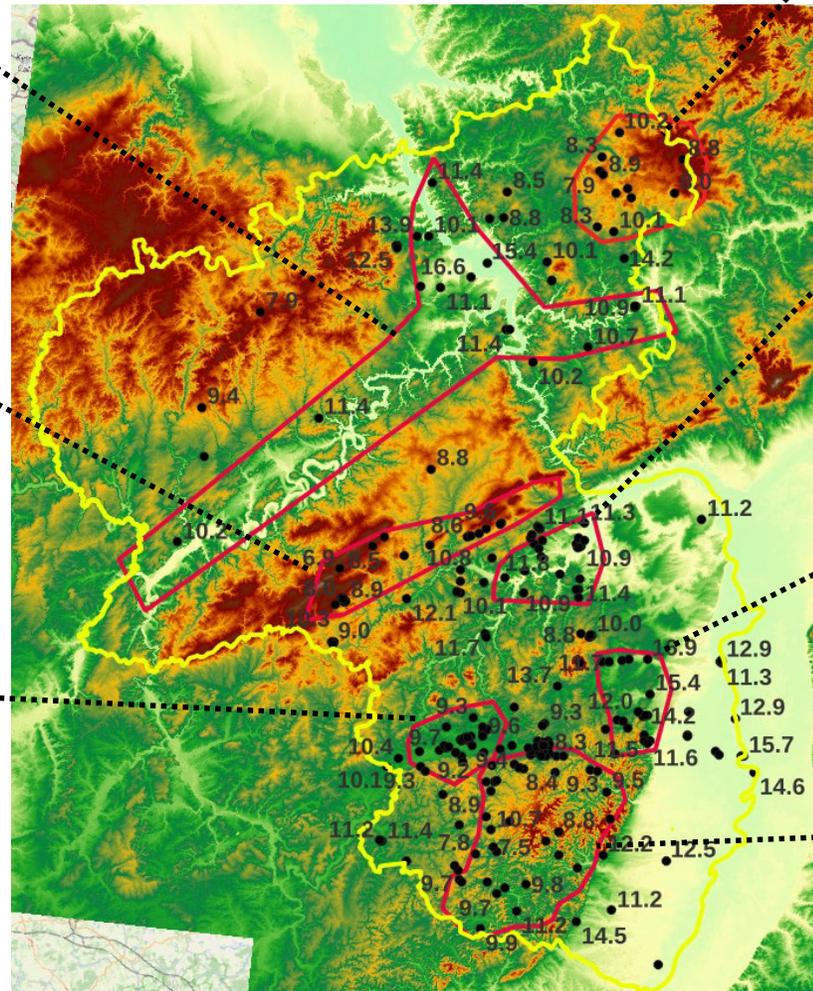
DWD vs MODIS Correlation



Co-Kriging DWD data with MODIS temperature values

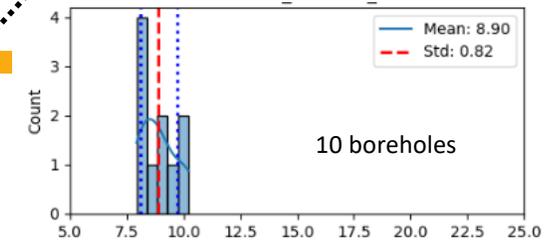


Bohrlochtemperaturen: Ankerpunkte in Rheinland Pfalz

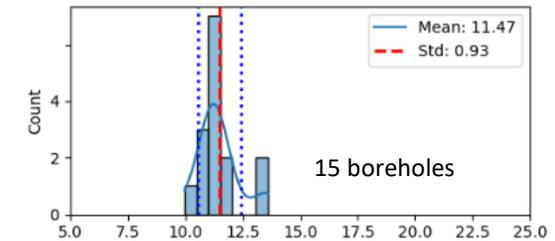


Angezeigte Werte: Temperaturen in 50 m Tiefe (°C)

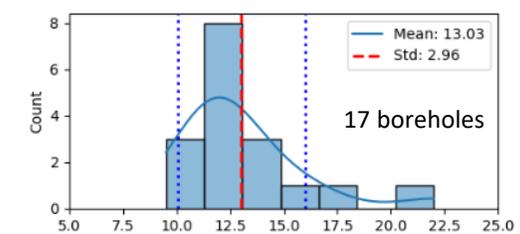
Westerwald Vulkanfeld



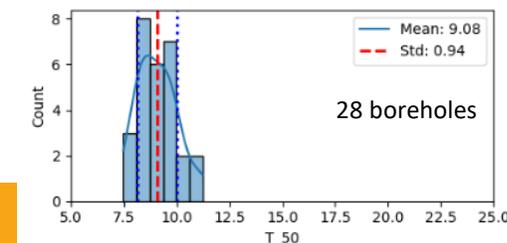
Region Bad Kreuznach



Region Grünstadt

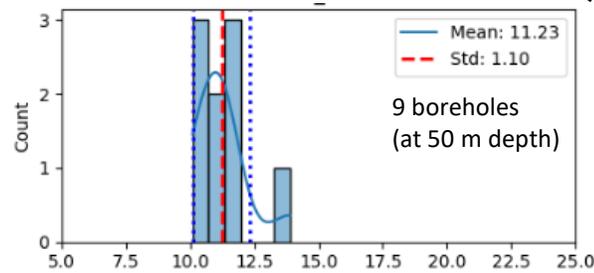


Region Innerer Pfälzer Wald

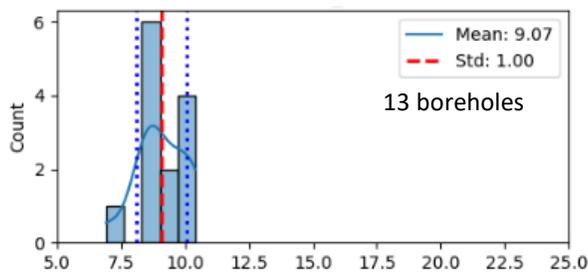


← Neu durch 2. Datensatz

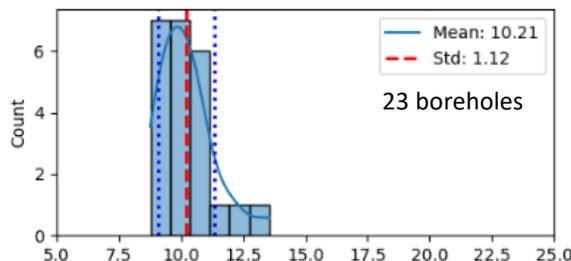
Mittelrheintal, Mosel, Lahn



Hunsrück Süd

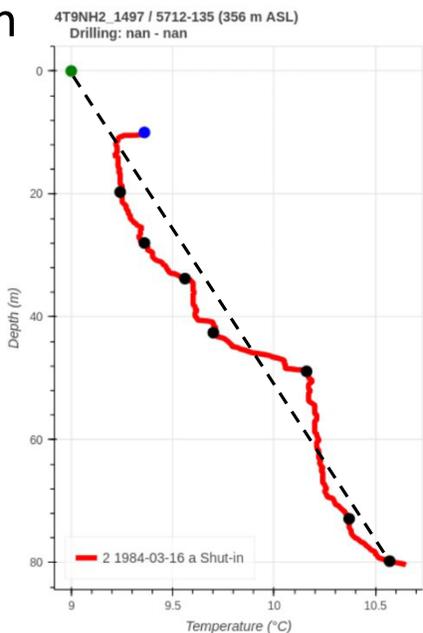


Rammstein



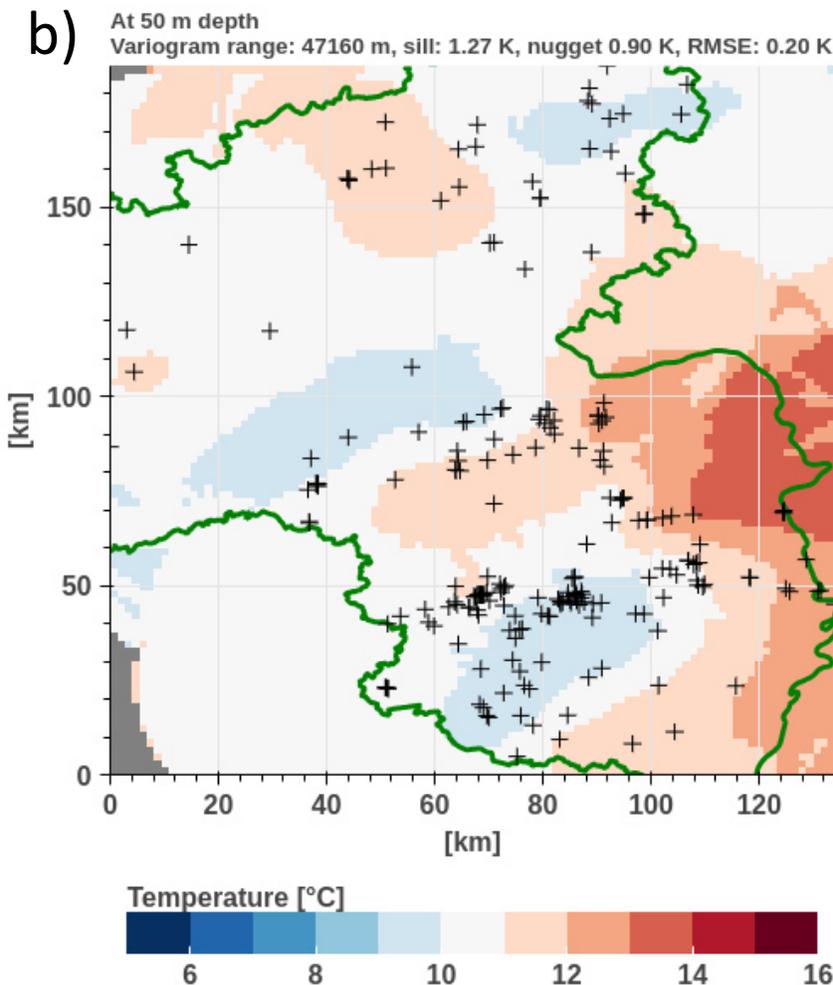
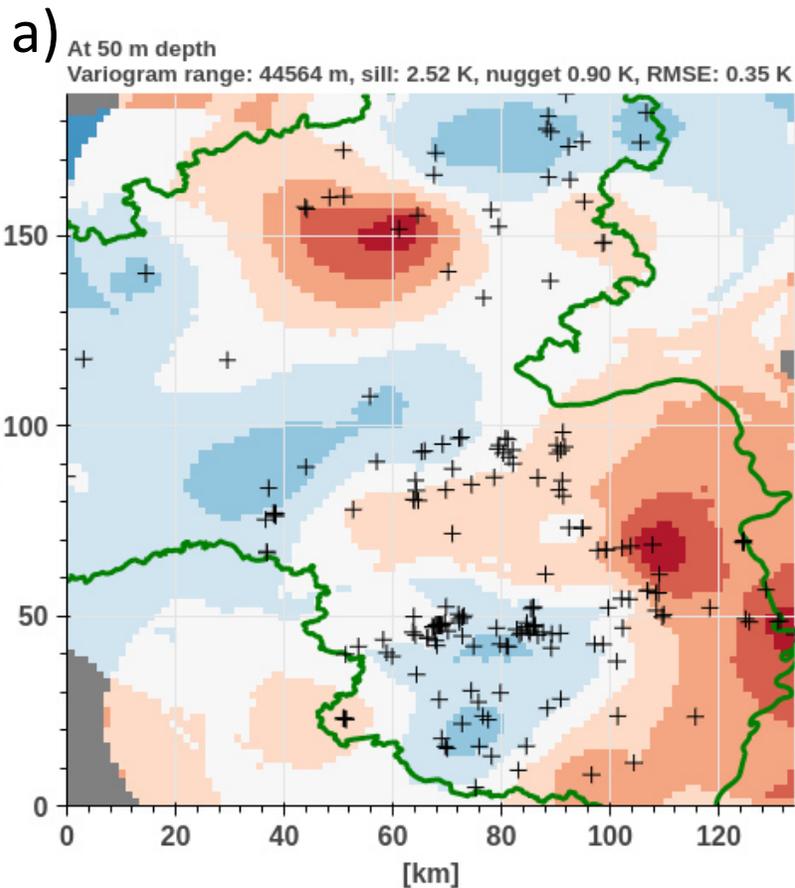
Korrelation von Landsat-Temperaturen mit Bohrlochmessungen

→ Ermöglicht Näherung des vertikalen Temperaturprofils durch Kombination von Oberflächentemperatur (Landsat) und Tieftemperatur (Bohrlochboden, BHT)



Beispiellog

Temperaturfeld aus a) Bohrprofilen; b) Landsat und BHT





WärmeGut



WärmeGut



Geologische Grundlagen

13.05.2025

Thorsten Agemar



www.waermegut.de

Gefördert durch:



Aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hinweise zum Urheberrecht und Copyright

Diese Unterlagen sind ausschließlich für den persönlichen Gebrauch durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Workshopreihe „Nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung: kommunal und regional“ des siz energieplus vom 13.05.2025 bestimmt.

In diesen Unterlagen ist z. T. geistiges Eigentum Dritter in zitierender Weise wiedergegeben, weshalb eine unrechtmäßige Weiterverbreitung dieser Unterlagen neben ideellen auch finanzielle Schäden nach sich ziehen kann, für die die Verursachenden haftbar gemacht werden. Eine Weitergabe an außenstehende Dritte in irgendeiner Form ist deshalb grundsätzlich nicht gestattet.

Falls nicht anders angegeben, hält das **LIAG-Institut für Angewandte Geophysik** die Urheberrechte an den dargestellten Abbildungen, Grafiken und Tabellen. Für die Teile dieses Dokuments, an denen die Verfasser selbst die Urheberrechte halten, werden auf Anfrage gerne weitergehende Nutzungsrechte gewährt.

Die dargestellten quantitativen Ergebnisse sind beispielhafter Natur und ersetzen keine Fachplanung. Auch lassen sich trotz aller Sorgfalt Fehler nicht ausschließen. Es kann deshalb keinerlei Haftung für die Anwendbarkeit oder Tauglichkeit in einem konkreten Anwendungsfall übernommen werden.

Einfluss der Jahreszeiten auf die Bodentemperatur

Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen können durch eine Wellenfunktion angenähert werden:

$$T(t) = T_0 + A_0 \sin(\omega \cdot t), \omega = \frac{2\pi}{P}$$

Die Lösung für $T(z,t)$ ist nach Carslaw & Jaeger (1959):

$$T(z,t) = T_0 + \Gamma_z + A_0 \cdot \exp\left(-z \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) \sin\left(\omega \cdot t - z \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right)$$

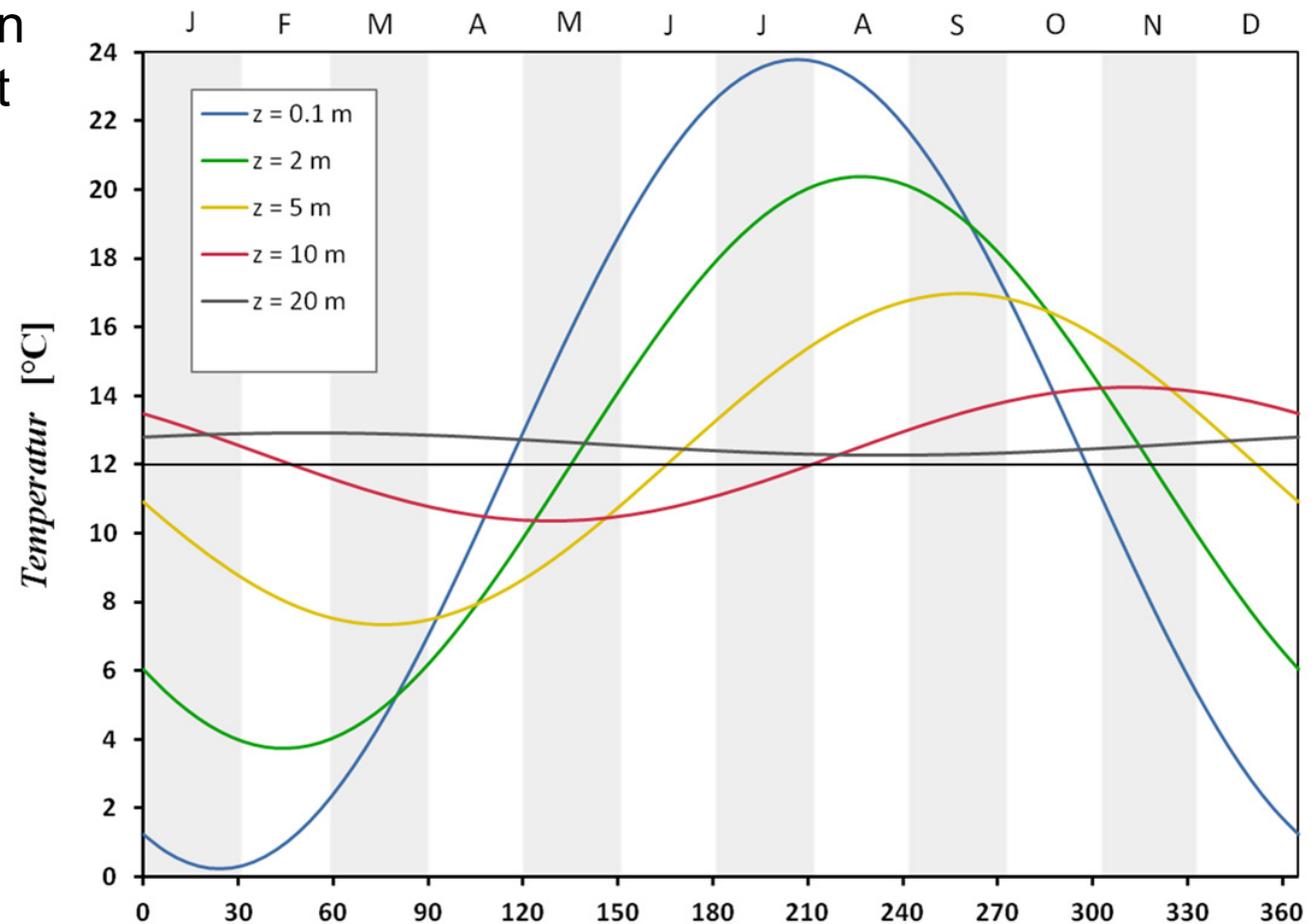
ω = Winkelfrequenz

a = Temperaturleitfähigkeit

z = Tiefe

t = Zeit

A = Amplitude der Durchschnittstemperatur



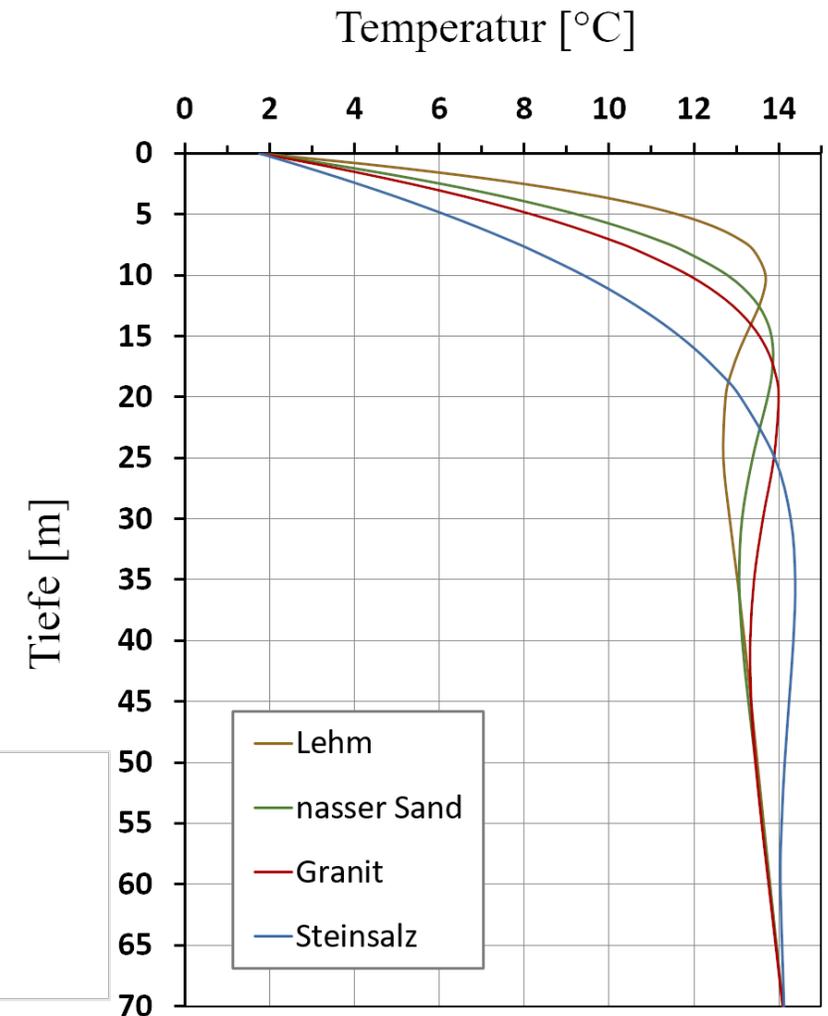
Einfluss der Jahreszeiten auf die Untergrundtemperatur

In ca. 15 Meter Tiefe gibt es kaum noch jahreszeitliche Temperaturschwankungen.

Ausschlaggebend ist die Temperaturleitfähigkeit:

$$a = \frac{k}{\rho \cdot c}$$

k = Wärmeleitfähigkeit
a = Temperaturleitfähigkeit
 ρ = Dichte
c = spezifische Wärmekapazität



Geothermisches Potenzial für Sondenfelder

Welche Parameter werden benötigt?

- **Wärmeleitfähigkeit**
- Dichte (2180 kg/m^3)
- Wärmekapazität (1000 J/(kg K))
- **Untergrundtemperatur**

Idealerweise auch:

- Grundwasserströmung
- Grundwasserspiegel



Wärmeleitfähigkeit

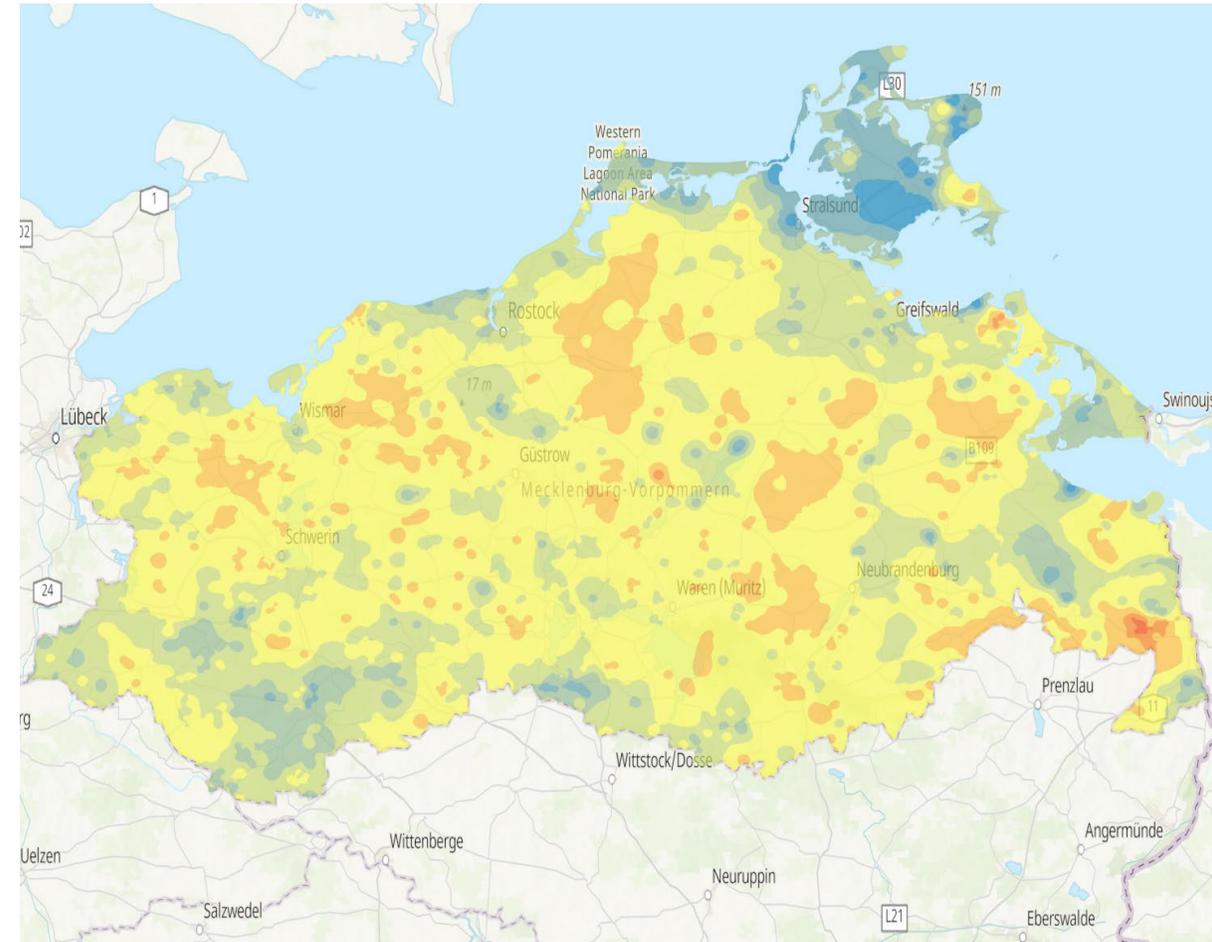
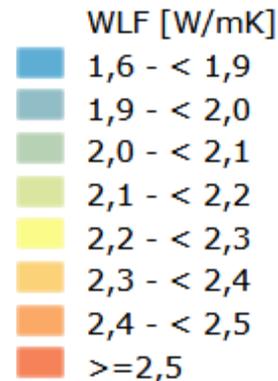
Beispiel:

Mecklenburg-Vorpommern
Wärmeleitfähigkeitskarte

Durchschnittswerte für 0 bis 100 m Tiefe

Weitere Karten:

Bayern, Bremen, Hamburg,
Niedersachsen, NRW, RLP,
Thüringen



Quelle: LUNG

3D Temperaturmodell

3D-Temperaturmodell des Untergrunds

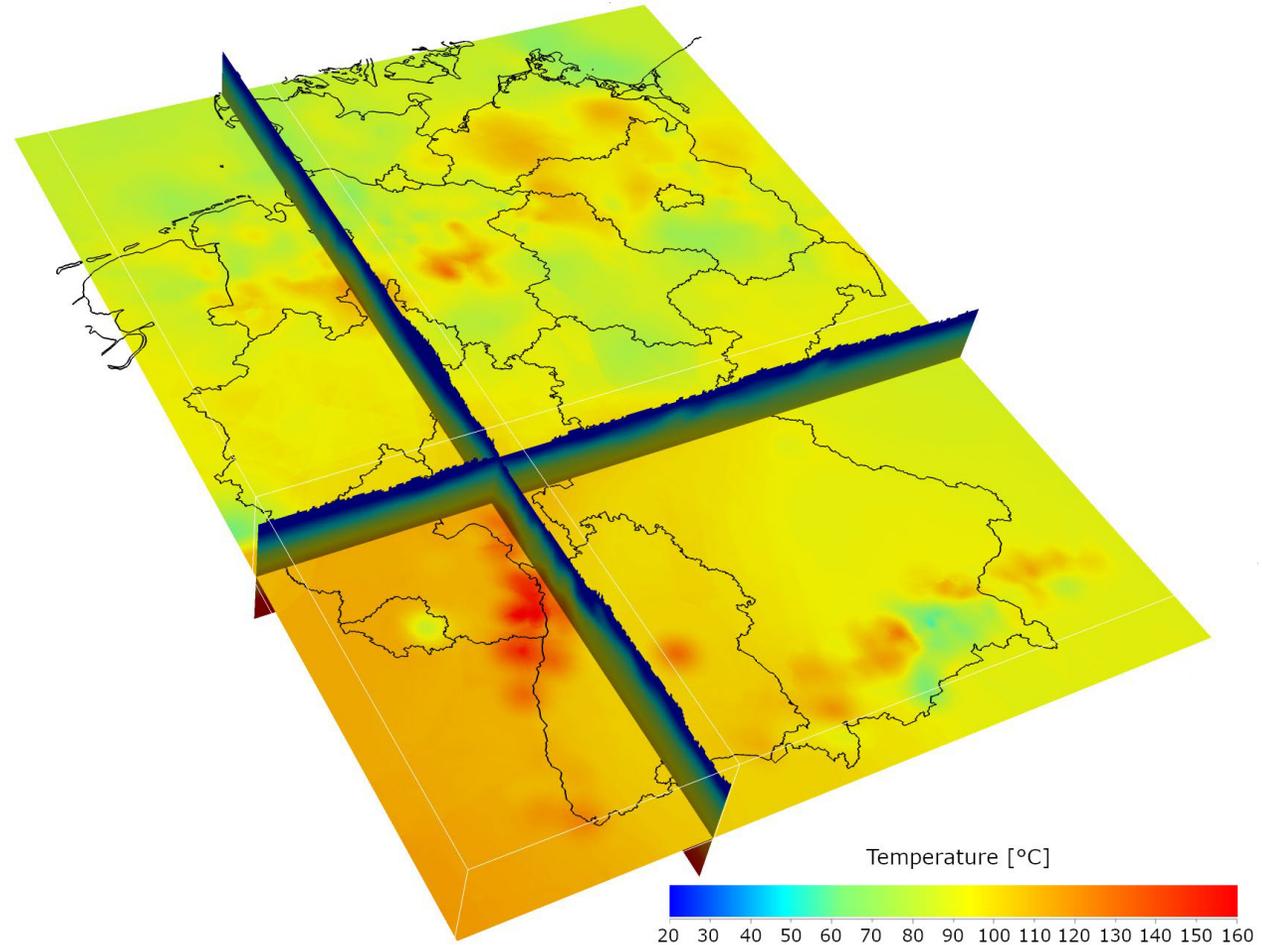
Eingangsdaten:

- Bodentemperatur
- Tiefbohrungen
- Bergwerke

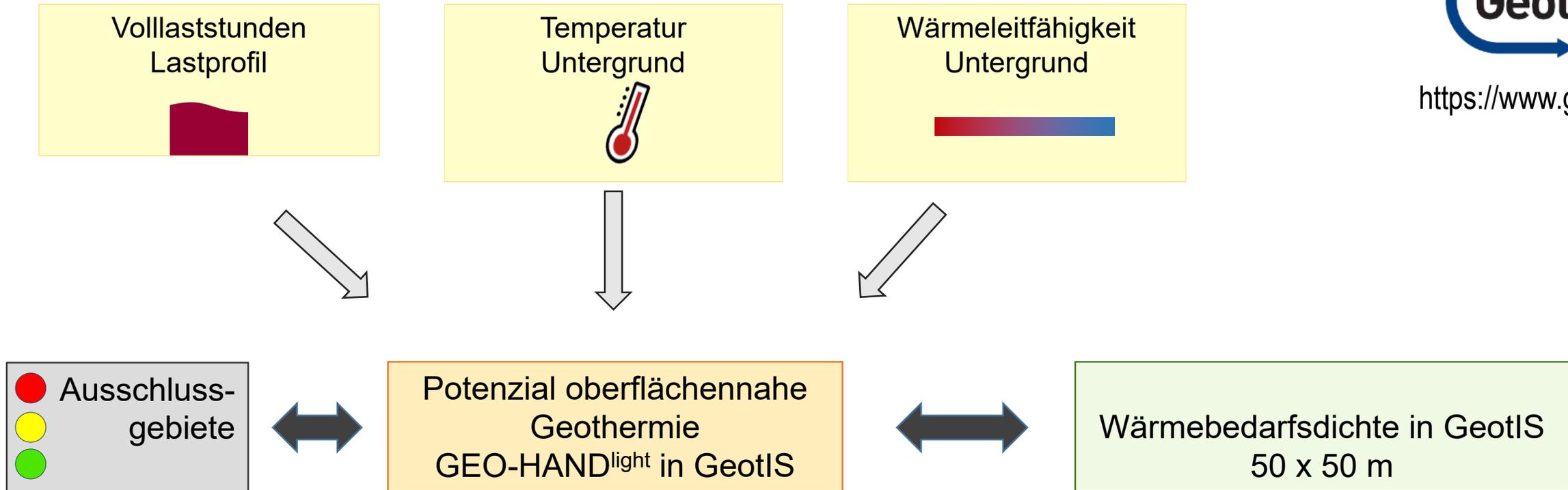
0 bis 5.000 m unter NHN

2000 x 2000 m Rasterweite

100 m vertikal



Ermittlung des Potenzials





WärmeGut



Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz

SAARLAND



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE





HBC.
HOCHSCHULE
BIBERACH
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Potenzialermittlung für geothermische Quellensysteme in Deutschland

Online, 13.05.2025

Fabian Neth, Roland Koenigsdorff,
Daniel Buchmiller, Sebastian Braun

www.waermegut.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Diese Unterlagen sind ausschließlich für den persönlichen Gebrauch durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Workshopreihe „Nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung: kommunal und regional“ des siz energieplus vom 13.05.2025 bestimmt.

In diesen Unterlagen ist z. T. geistiges Eigentum Dritter in zitierender Weise wiedergegeben, weshalb eine unrechtmäßige Weiterverbreitung dieser Unterlagen neben ideellen auch finanzielle Schäden nach sich ziehen kann, für die die Verursachenden haftbar gemacht werden. Eine Weitergabe an außenstehende Dritte in irgendeiner Form ist deshalb grundsätzlich nicht gestattet.

Falls nicht anders angegeben, hält die **Hochschule Biberach** die Urheberrechte an den dargestellten Abbildungen, Grafiken und Tabellen. Für die Teile dieses Dokuments, an denen die Verfasser selbst die Urheberrechte halten, werden auf Anfrage gerne weitergehende Nutzungsrechte gewährt.

Die dargestellten quantitativen Ergebnisse sind beispielhafter Natur und ersetzen keine Fachplanung. Auch lassen sich trotz aller Sorgfalt Fehler nicht ausschließen. Es kann deshalb keinerlei Haftung für die Anwendbarkeit oder Tauglichkeit in einem konkreten Anwendungsfall übernommen werden.

- Geothermisches Potenzial und Potenzialkarten in Deutschland
- Ziele im Projekt WärmeGut
- Grundlagen der Potenzialermittlung
- Beispiele für Ausschnitte der Potenzialkarte
- Ergänzung Potenzialanalyse
- Ausblick

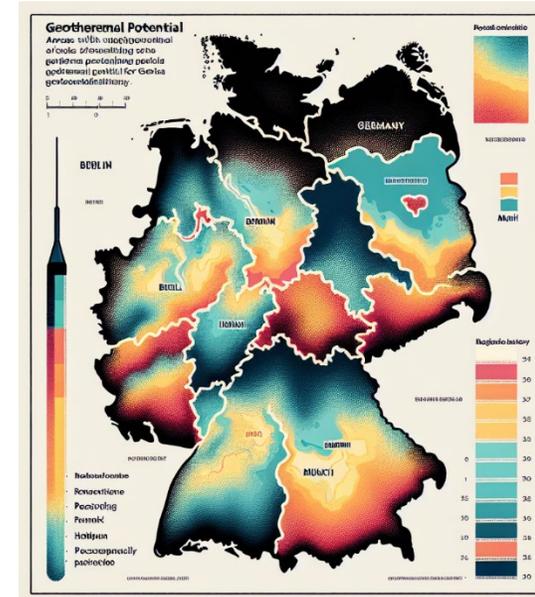
Status quo der geothermischen Potenziale

Bisher existieren nur Schätzungen über das geothermische Potenzial in DE.

Beispiel Kaltschmitt [1] mit folgenden Annahmen:

- Sondentiefe 100 m
- Spezifische Wärmeentzugsleistung 40 W/m
- Sondenabstand 12m → Flächenbedarf pro Sonde 141 m²
- Gebietsfläche der Bundesrepublik Deutschland 357 582 km²
- Theoretisches Potenzial von rund 320 EJ/a (bei 8760 h/a !)

Technisches Potenzial (technische, strukturelle, ökologische, gesetzliche Restriktionen) durch pauschale Annahmen von Flächeneinschränkungen.



Bildquelle: fiktiv generiertes Bild mit bwGPT

→ Bisherige Potenzialschätzungen für Deutschland beruhen auf teils extrem vereinfachten Annahmen.

Beispiele für Potenzialkarten in Deutschland (I)

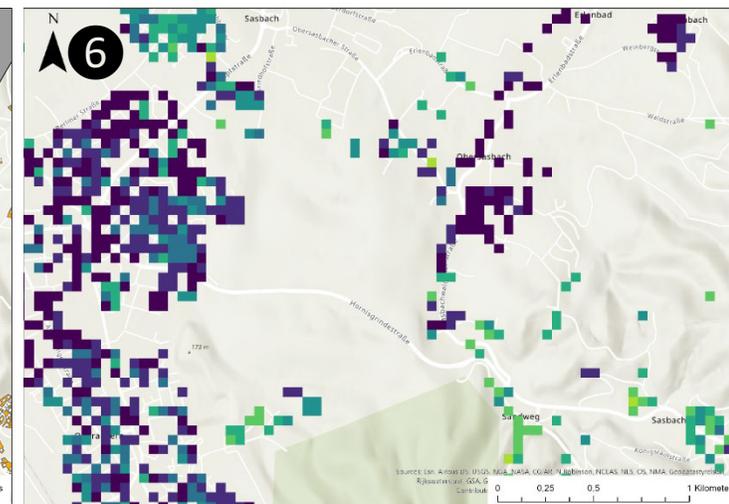
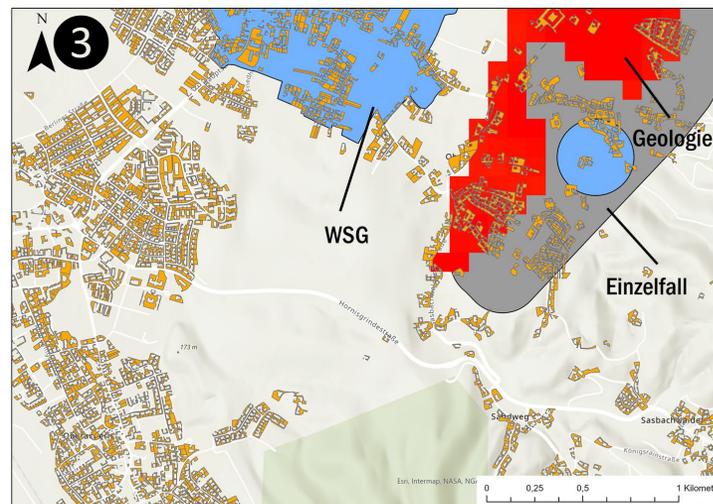
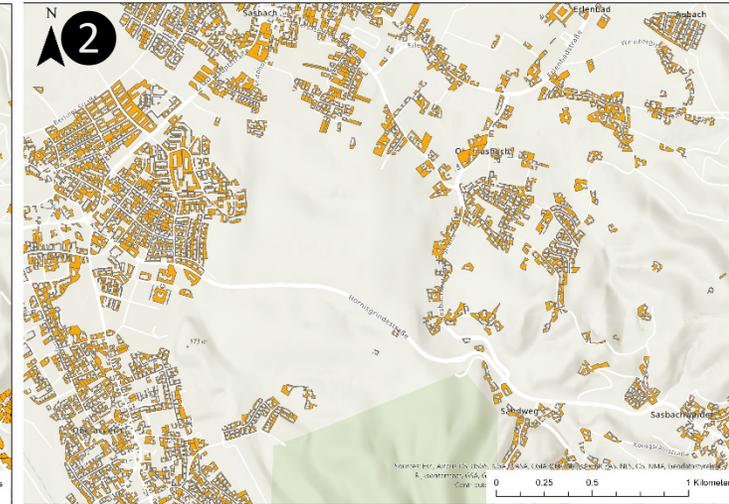
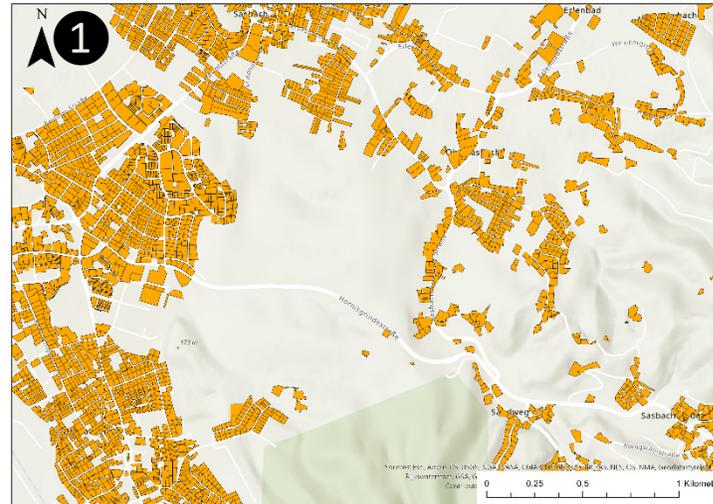
Bundesland	Veröffentlichung	Sondenplatzierung	Berechnung Potenzial	Quelle
Deutschland	Abschlussbericht Forschungsprojekt „Anlagenpotenzial“ (ifeu)	numerischer Zusammenhang zu Bebauungsdichte	über Informationen aus Bundesländern und Annahmen aus VDI 4640	[2]
Hamburg	Geoportal Hamburg	flurstücksgenau	VDI 4640 (bei über 5 EWS mit Wert für 5 gerechnet)	[3]
Nordrhein-Westfalen	Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 - Geothermie	Zuordnung der Sondenanzahl zu Freifläche je Besitzstück über pauschalen Ansatz	Superpositionsprinzip (EED , nur quadratische Sondenfeldkonfigurationen)	[4]
Berlin	Umweltatlas Berlin	Vorhandene Bohrungen herangezogen und durch virtuelle Bohrungen erweitert	Superpositionsprinzip (EED, nur kleine Anlagen, aber 10 Gesteinsschichten)	[5]
Baden-Württemberg	Website der kommunalen Energieagentur	flurstücksgenau	Superpositionsprinzip (individuelle Anlagengröße)	[6]

→ Es gibt keine einheitlichen Potenzialkarten in Deutschland.

Beispiele für Potenzialkarten in Deutschland (II)

Beispiel Baden-Württemberg:

- 1 Datengrundlage (GIS)
- 2 Flurstücke abzgl. Gebäude
- 3 Berücksichtigung von Restriktionen
- 4 Platzierung von EWS auf freien, zulässigen Flächen
- 5 Ermittlung geothermisches Potenzial (kW) je Flurstück
- 6 Ermittlung geothermisches Potenzial (kW/ha) als Raster



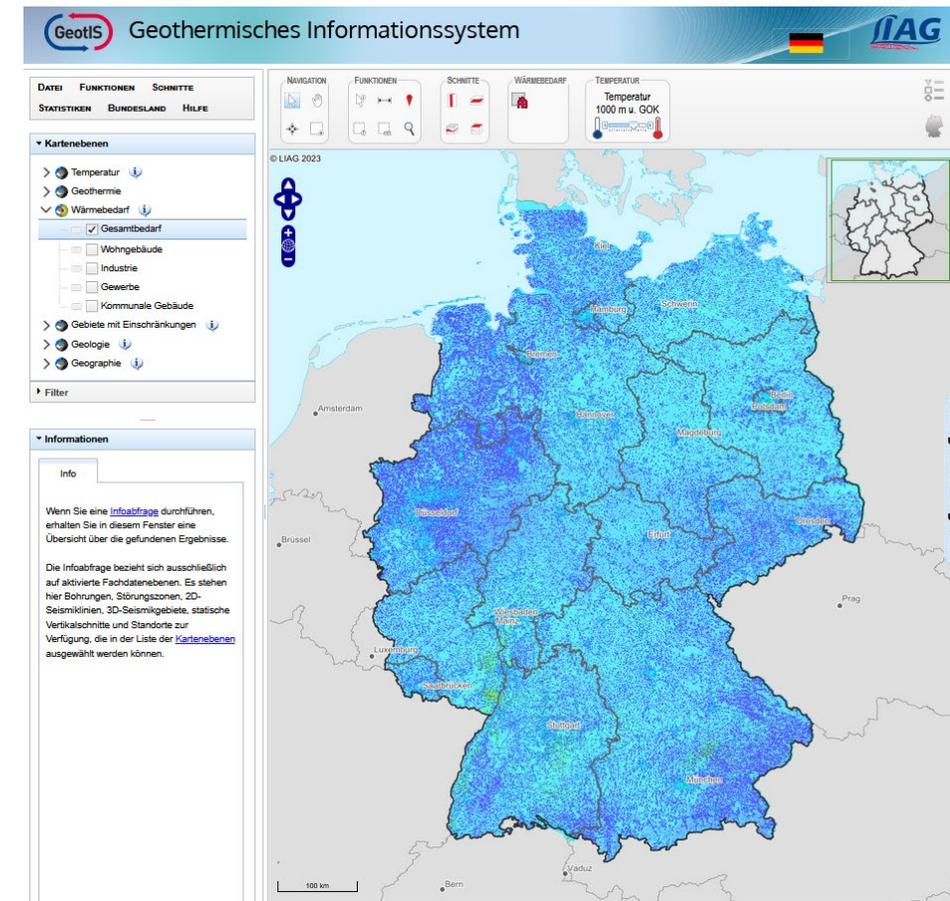
Ziele im Projekt WärmeGut bzgl. Potenzialkarten

Übergeordnetes Ziel ist eine für Deutschland einheitliche Potenzialkarte für Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren und Brunnen basierend auf einer belastbaren Modellierung.

Die HBC unterstützt bei der Implementierung der Methoden in GeotIS und baut die Ansätze zusammen mit dem LIAG in AP 2.4 weiter aus:

- Berechnung von großen Sondenfeldern mit EWS individueller Tiefe und unregelmäßiger Anordnung
- Berücksichtigung von Schichten mit strömendem Grundwasser
- Berücksichtigung vertikal und horizontal inhomogener Untergründe.

→ **Potenzialberechnung u. a. zur Unterstützung bei der kommunalen Wärmeplanung.**



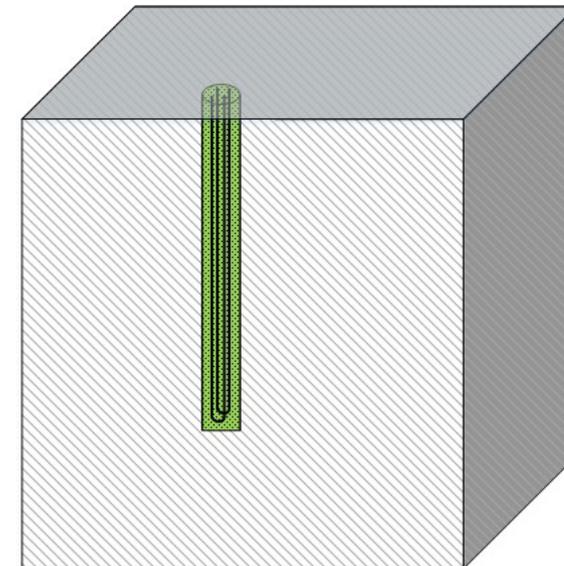
Quelle: [7]

Grundlagen der Berechnung (1) – Beispiel EWS

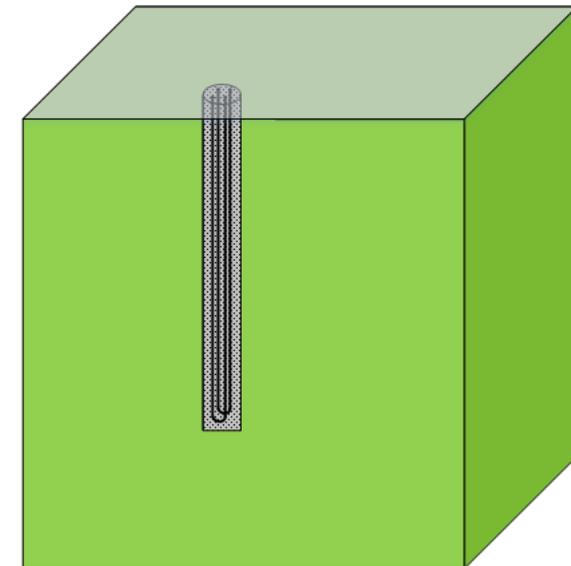
Die Grundlage/Basis stammt von Eskilson → Modell zur Beschreibung der thermischen Antwort einer EWS auf ein jahreszyklisches geothermisches Lastprofil

Einführung einer konsistenten Modellbildung und Unterteilung in zwei Rechengebiete:

- ① Quellensystem: Berechnung durch Widerstandsmodell und Überlagerung von Lastanteilen
- ② Umliegender Untergrund: Berechnung anhand dimensionsloser Temperaturreaktionen → *g-functions*



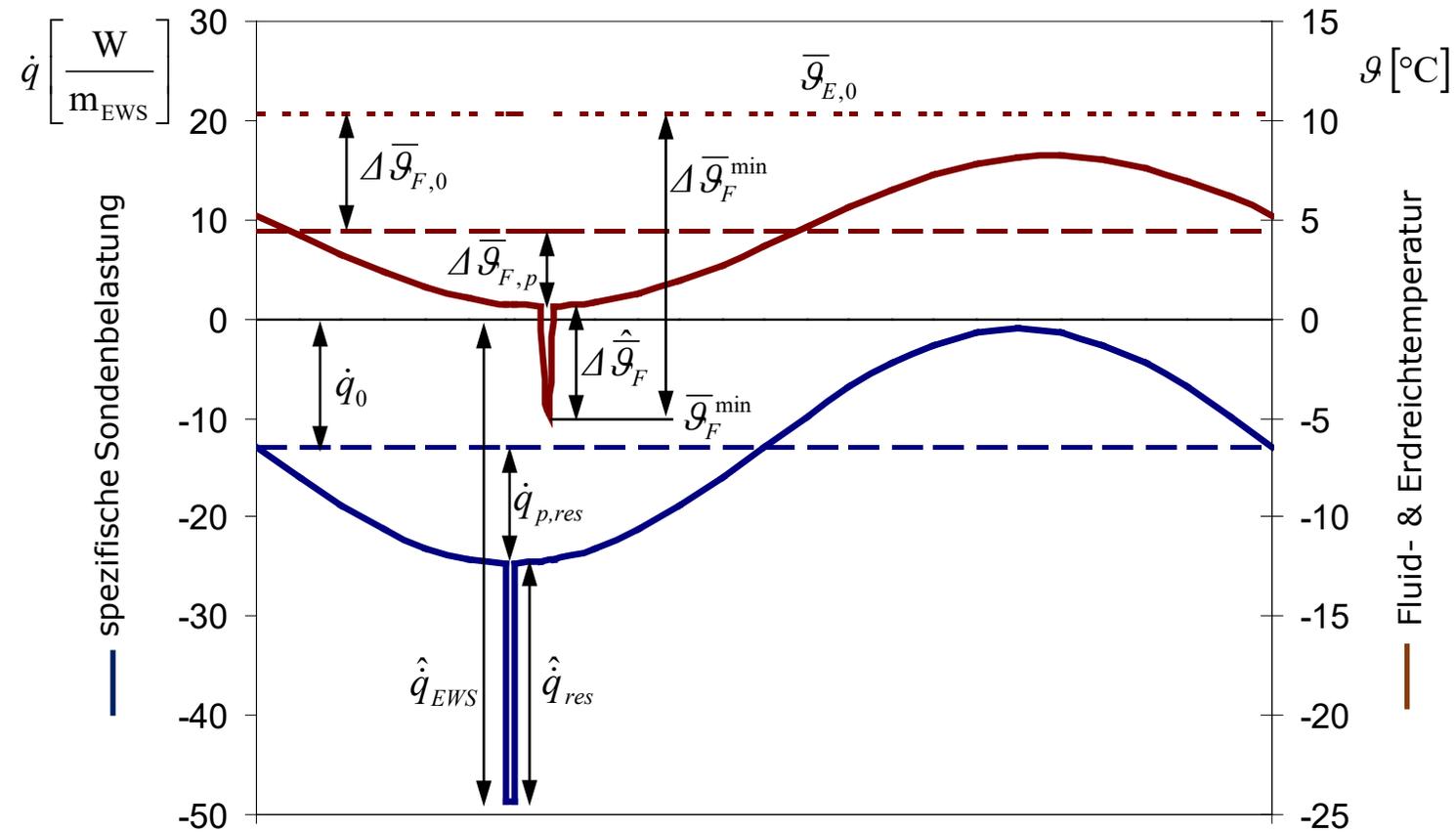
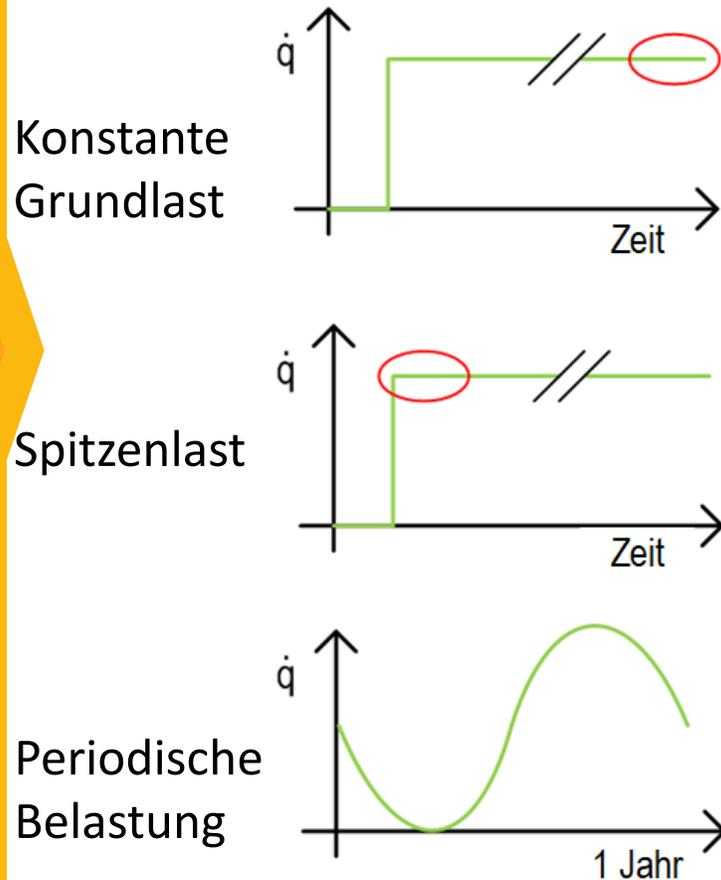
Quellensystem



Umliegender Untergrund

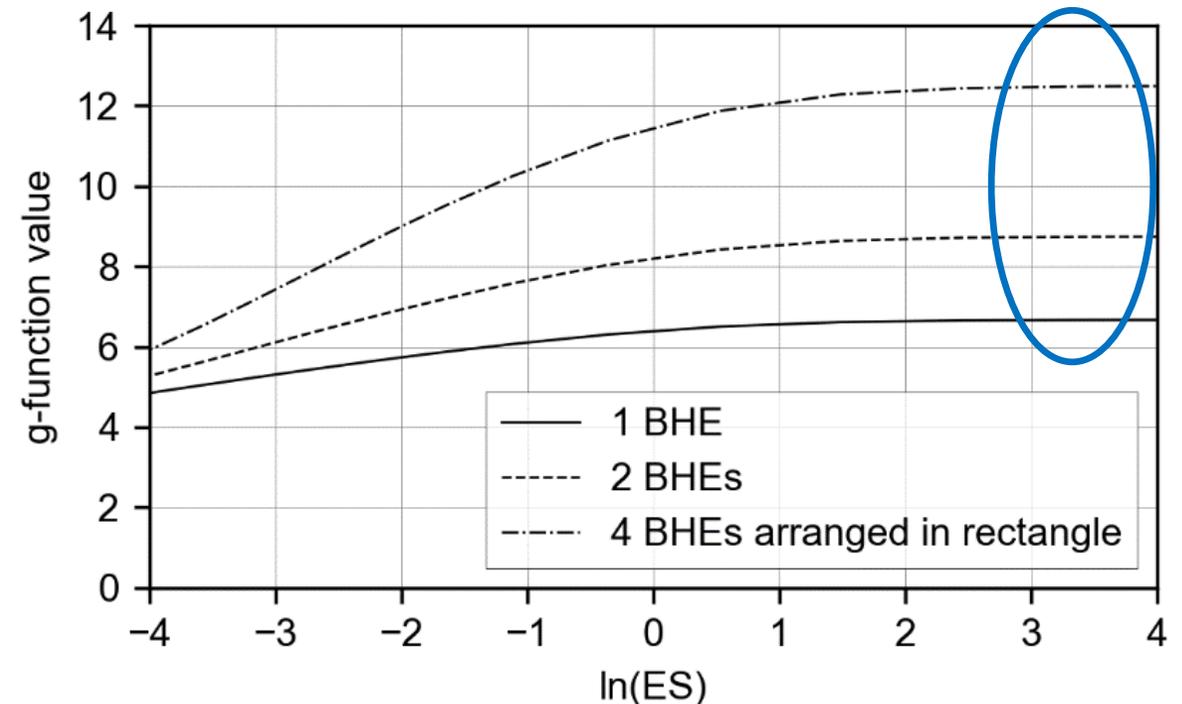
Grundlagen der Berechnung (2) – Lastzerlegung

① Quellensystem: Lastzerlegung und Überlagerung der Lastanteile



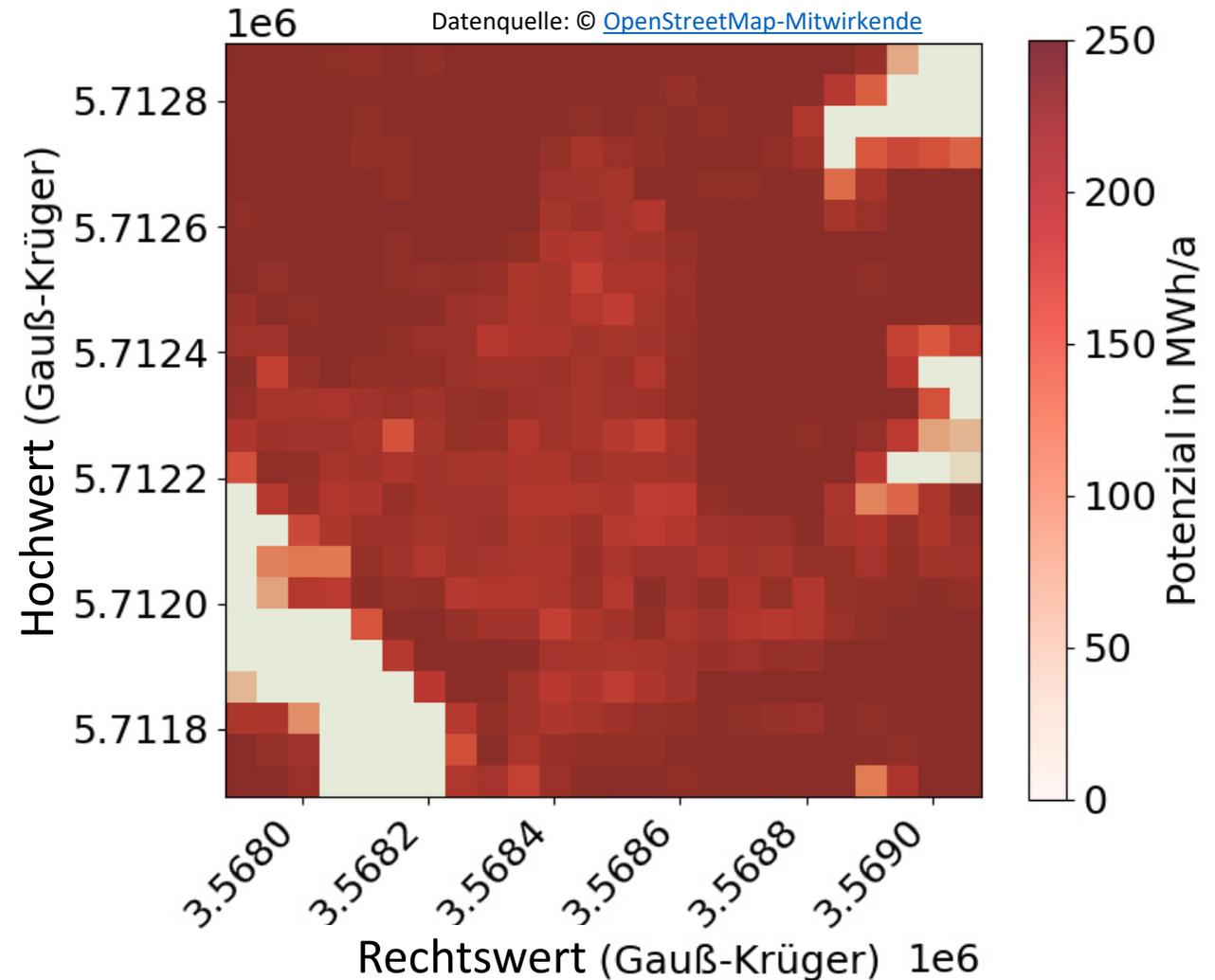
② Umliegender Untergrund: g-functions zur örtlichen und zeitlichen Superposition

- Entdimensionierte Temperaturreaktion (bspw. am Bohrlochrand) einer Sonde oder eines Sondenfeldes in Abhängigkeit von der (dimensionslosen) Zeit
- GEO-HAND^{light}: Betrachtung des thermischen Zustands nach vielen Jahrzehnten im Betrieb: Grundlast für **stationären Endzustand** + Superposition dynamische Anteile periodische Last & Spitzenlast



Potenzialkarte (I) – Aktueller Stand

Bildquelle: OpenStreetMap

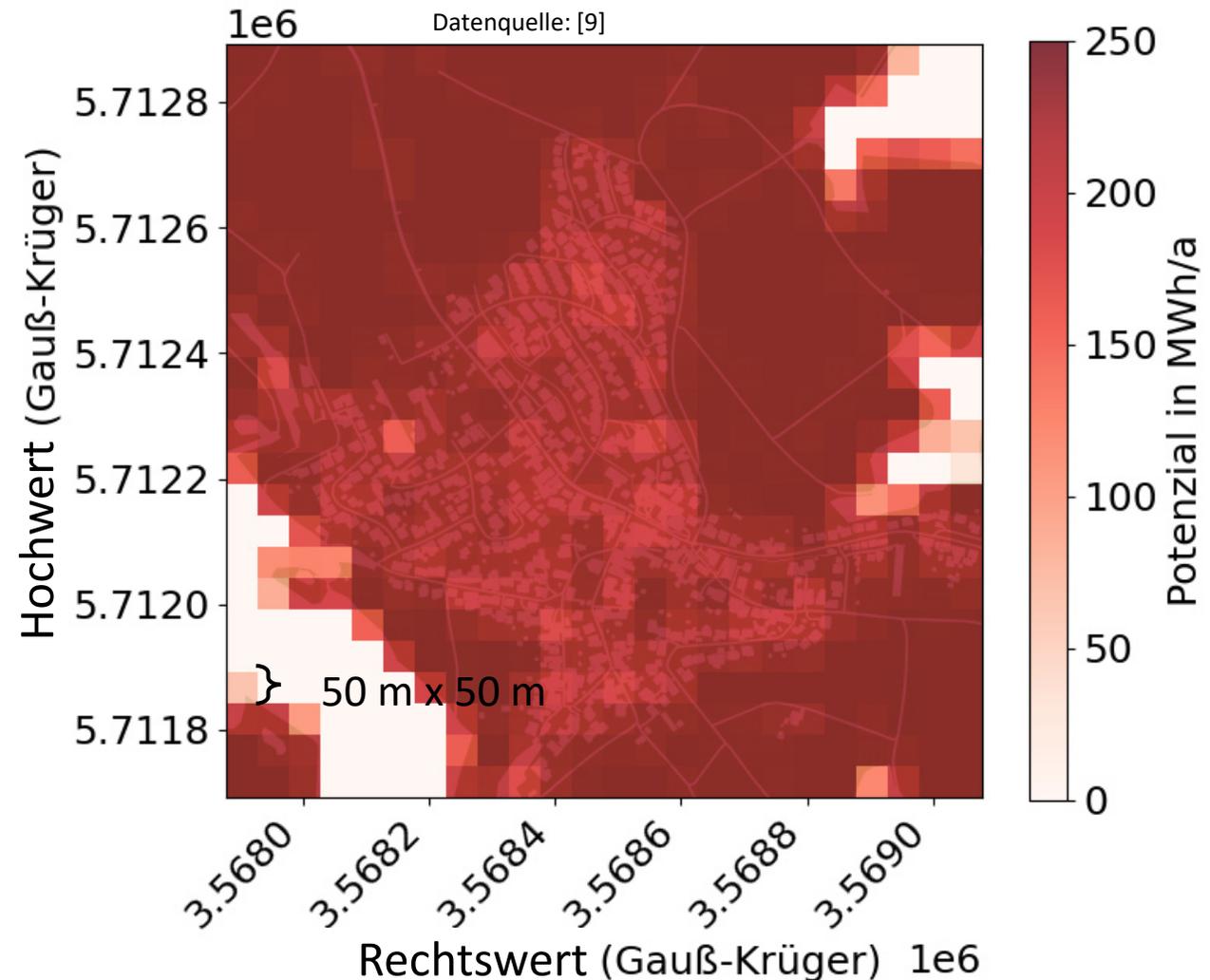


Potenzialkarte (II) – Aktueller Stand

Berechnung des Potenzials für ...

- beliebige Flächen (DE)
- beliebige Rastergrößen
(default: 50 m x 50 m)
- beliebige Sondenabstände
(default: mind. 6 m)

Für die gezeigten Bilder wurden mehrere vereinfachende Annahmen getroffen wie bspw. einheitliche Untergrunddaten oder Lastdaten (für alle Raster gleich).



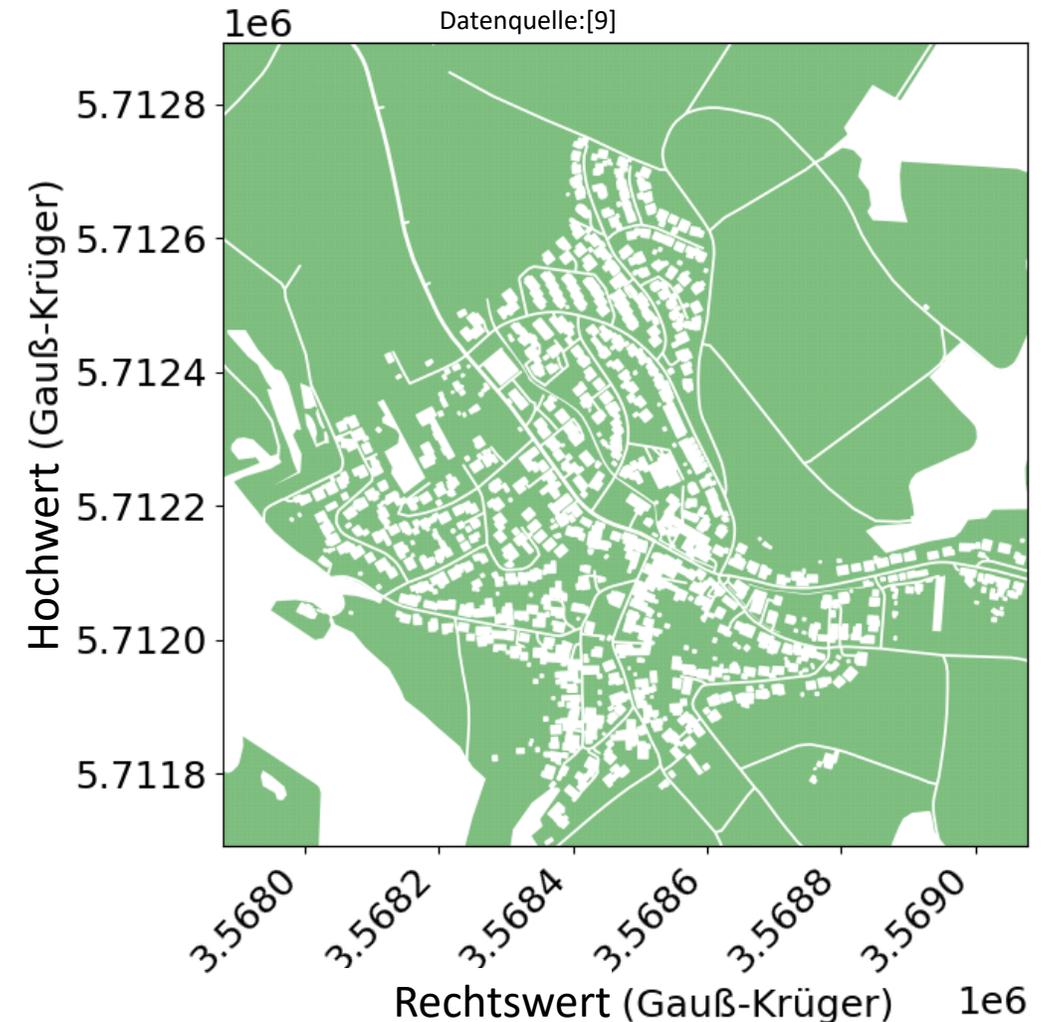
Potenzialkarte (III) – Ausschlussflächen

Aktuelle Ausschlussgebiete durch
OpenStreetMap (OSM):

- Gebäude
- Straßen
- Bahnschienen
- Gewässer
- **Wald**

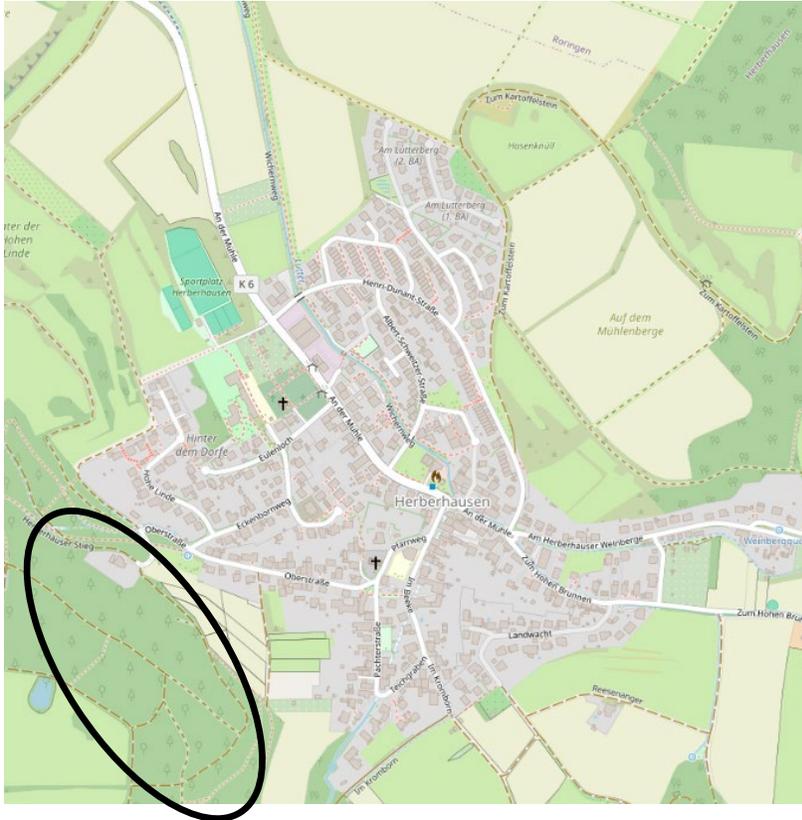
Noch zu ergänzen

- + Weitere Ausschlussflächen aus OSM-Daten
- + Ausschlussgebiete durch Ampelkarten
(z. B. Vorgaben der Bundesländer)

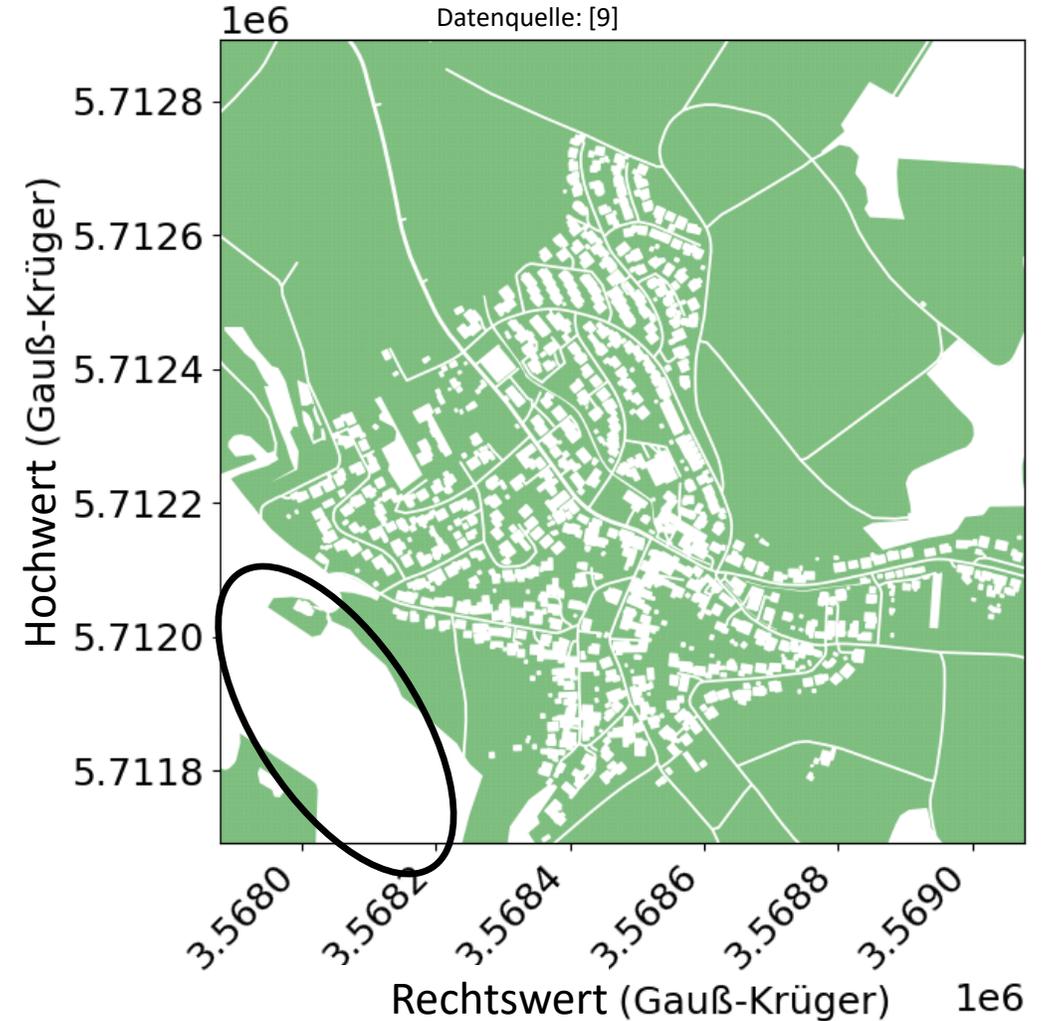


Potenzialkarte (IV) – Ausschlussflächen

Bildquelle: [9]



Datenquelle: [9]



Potenzialkarte (V) – Sondenanordnung im Detail

- Gebäude können bspw. mit Puffer berücksichtigt werden (Default: 2 m)
 - In den restlichen freien Flächen werden EWS platziert (blaue Punkte)
 - EWS Platzierung z. B. im x-y-Raster
 - Freiflächenbelegung durch regelmäßige Sondenverteilung
- Fiktive Sondenplatzierung:
Vorgehen ersetzt keine Planung sondern dient nur zur Abschätzung!



Potenzialkarte – Beispiel

Übersicht Stadt Göttingen

Höhere Bebauungsdichte

→ weniger Potenzial

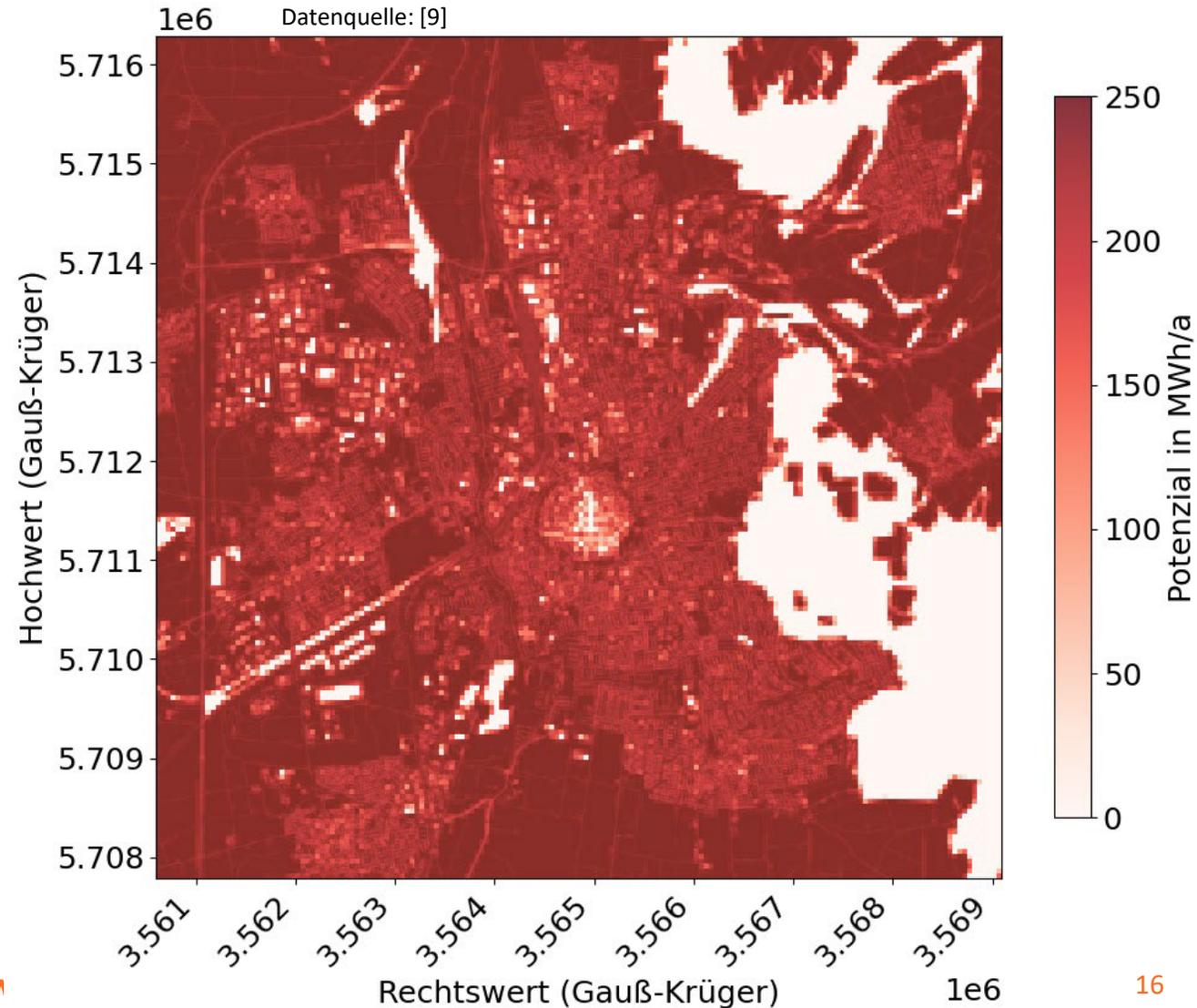
Erkennbare Ausschlussflächen wie bspw.:

Innenstadtbereich

Umliegende Wälder

Größere (Bundes-)Straßen

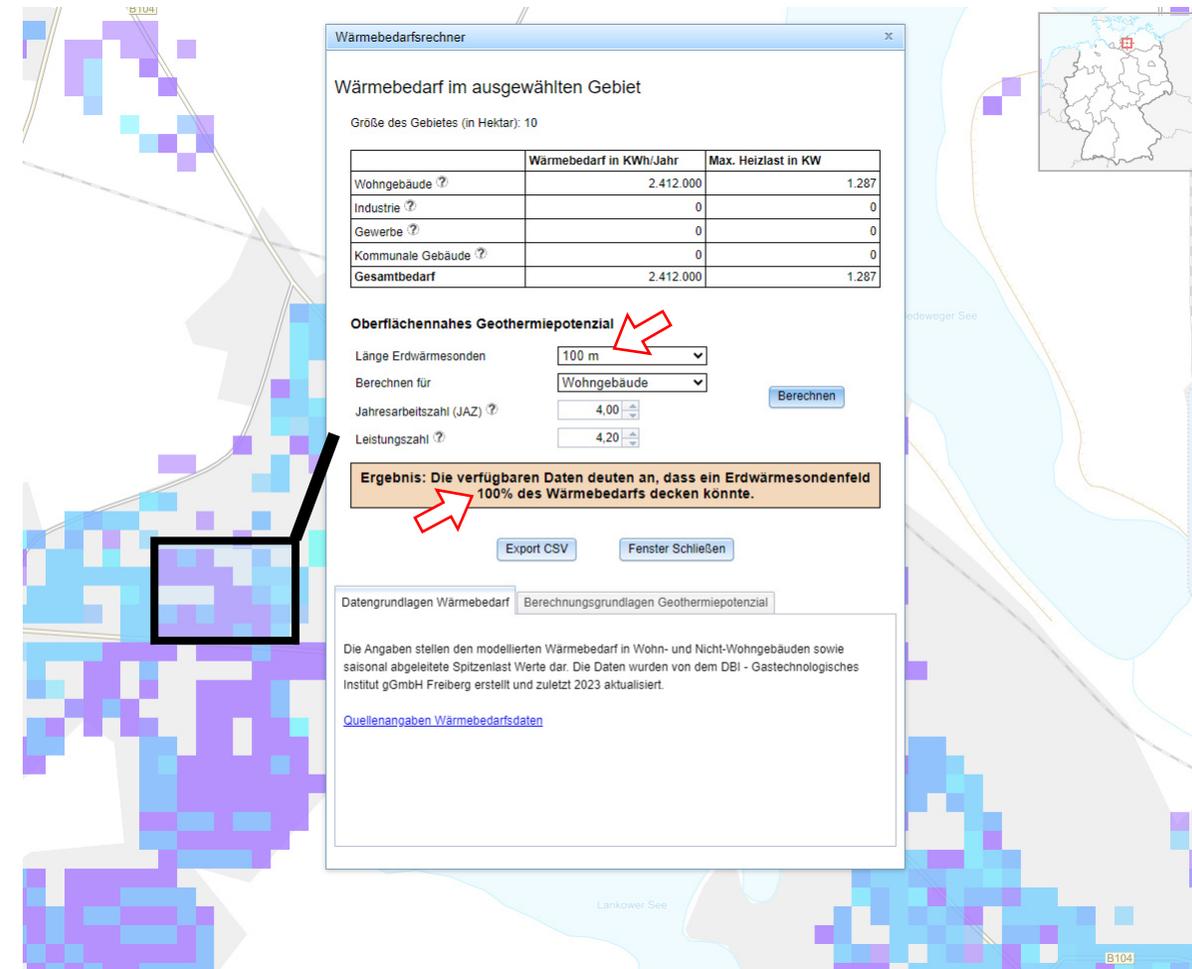
Größere Gebäude oder Industrieanlagen



Ausblick auf die Potenzialanalyse

Potenzialkarten werden ergänzt durch detailliertere, standortgenaue Potenzialanalysen:

- Basierend auf Wärmebedarfskarte (bereits in GeotIS verfügbar)
 - Auswahl eines bestimmten Gebietes
 - Abgleich des standortspezifischen Wärmebedarfs mit geothermischen Potenzial
- Ermöglicht Potenzialberechnung für verschiedene Sektoren für spezifischere Angaben (bspw. Tiefe EWS, JAZ, COP)

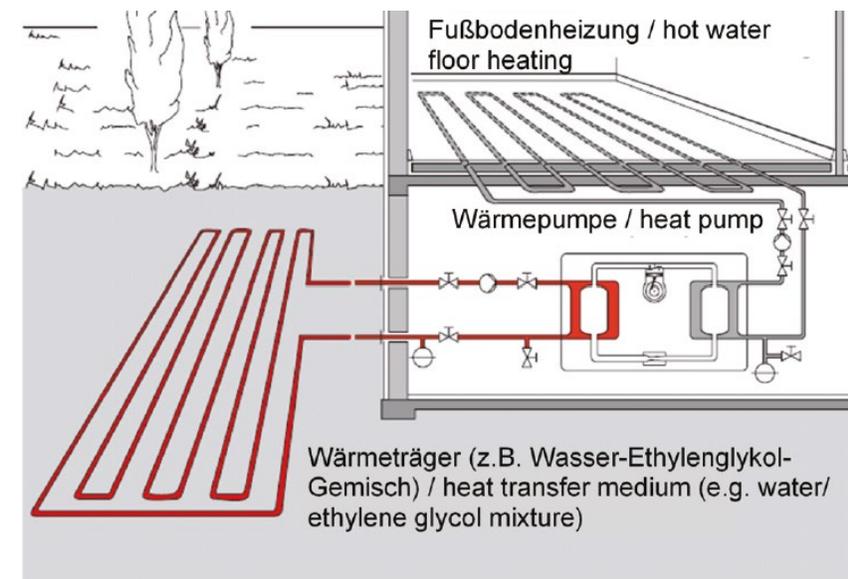


Bildquelle: [10]

Ausblick: Potenzialberechnung von EWK - Definition

Definition und Abgrenzung (bspw. nach VDI 4640-2):

- Betrachtung von „Flächenkollektoren“ (aus PE-Rohren)
- „Kompakte Erdwärmekollektoren“ werden nicht berücksichtigt (bspw. vertikale Plattenkollektoren)
- Maßgebend für Leistungsfähigkeit:
 - Wärmeeintrag durch Außenluft
 - Solarstrahlung
 - Niederschläge
- Nur Betrachtung von nicht-überbauten Kollektoren
- Keine mehrlagigen Kollektoranlagen



Bildquelle: [11]

Beispiele für Potenzialkarten in Deutschland (I)

Quellen-Nr.	Verweis
1	Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A. (2020): Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 6. Auflage. Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-61190-6. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61190-6
2	Jochum, P. et al. (2017): Ableitung eines Korridors für den Ausbau der erneuerbaren Wärme im Gebäudebereich. Endbericht zum Forschungsvorhaben „Anlagenpotenzial“. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BeuthHS_ifeu_Anlagenpotenzial_Endbericht_2017.pdf
3	Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) Hamburg (2025): Geoportal Hamurg – Erdwärmepotenzial. Abgerufen am 12.05.2025. https://geoportal-hamburg.de/
4	Bracke, R. et al. (2015): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW. Teil 4 – Geothermie. LANUV-Fachbericht 40. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Recklinghausen. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/Fachbericht_40-Teil4-Geothermie_web.pdf
5	Haag, L.: Geothermisches Potenzial - spezifische Wärmeleitfähigkeit und spezifische Entzugsleistung 2017. Online, zuletzt abgerufen am 12.05.2025. https://www.berlin.de/umweltatlas/wasser/geothermisches-potenzial/fortlaufend-aktualisiert/methode/
6	KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (2023): Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg. Dokumentation Stand 11/2023. Karlsruhe. https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/Erdwaermesonden/231110_Dokumentation_Potenzial_EWS-BW.pdf
7	Geothermisches Informationssystem GeotIS. https://geotis.de/homepage/GeotIS-Startpage . Zuletzt abgerufen am 12.05.2025. AGEMAR, T., ALTEN, J., GANZ, B., KUDER, J., KÜHNE, K., SCHUMACHER, S. & SCHULZ, R. (2014): The Geothermal Information System for Germany - GeotIS ZDGG Band 165 Heft 2, 129-144
8	Pygfunction: https://github.com/MassimoCimmino/pygfunction Cimmino, M. (2018). pygfunction: an open-source toolbox for the evaluation of thermal response factors for geothermal borehole fields. In Proceedings of eSim 2018, the 10th conference of IBPSA-Canada (pp. 492-501).
9	© OpenStreetMap-Mitwirkende
10	Agemar, T. et al. (2024): Integration von GEO-HAND ^{light} in GeotIS – ein neues Werkzeug für die kommunale Potenzialanalyse von Geothermiesystemen. Geothermiekongress. Potsdam.
11	Verein Deutscher Ingenieure (2019): VDI 4640 Blatt 2 – Thermische Nutzung des Untergrunds – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. Beuth Verlag GmbH. Berlin.
12	Van de Ven, A., Koenigsdorff, R., Hofmann, S., (2018): Entwicklung konsistenter Auslegungsmodelle für oberflächennahe geothermische Quellensysteme, Vortrag auf der BauSIM 2018. 7. Deutsch-Österreichische IBPSA-Konferenz. 26.09.2018.



WärmeGut



Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz

SAARLAND



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Verbundvorhaben LFZG & HBC

LFZG-IGWN - Innovative geothermische Wärmenetze

- Projektziel:
Umsetzung innovativer, geothermischer Wärmeversorgungs- und Wärmeverbundlösungen in der Region Oberschwaben durch Forschung und Transfer unterstützen
- Verbundpartner:
Landesforschungszentrum Geothermie (LFZG) Baden-Württemberg www.lfzg.de
Hochschule Biberach, Institut für Gebäude- & Energiesysteme IGE www.hochschule-biberach.de/ige
- Fördermittelgeber:
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
- Laufzeit: voraussichtlich 01.06.2025 bis 31.05.2028

Diese Unterlagen sind ausschließlich für den persönlichen Gebrauch durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Workshopreihe „Nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung: kommunal und regional“ des siz energieplus vom 13.05.2025 bestimmt.

In diesen Unterlagen ist z. T. geistiges Eigentum Dritter in zitierender Weise wiedergegeben, weshalb eine unrechtmäßige Weiterverbreitung dieser Unterlagen neben ideellen auch finanzielle Schäden nach sich ziehen kann, für die die Verursachenden haftbar gemacht werden. Eine Weitergabe an außenstehende Dritte in irgendeiner Form ist deshalb grundsätzlich nicht gestattet.

Falls nicht anders angegeben, hält die **Hochschule Biberach** die Urheberrechte an den dargestellten Abbildungen, Grafiken und Tabellen. Für die Teile dieses Dokuments, an denen die Verfasser selbst die Urheberrechte halten, werden auf Anfrage gerne weitergehende Nutzungsrechte gewährt.

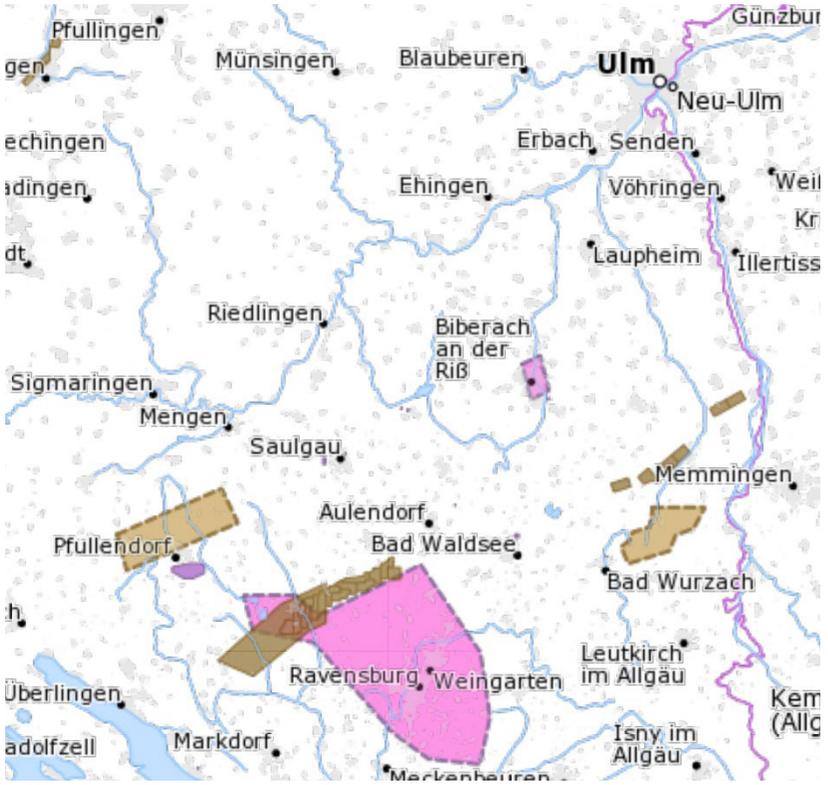
Die dargestellten quantitativen Ergebnisse sind beispielhafter Natur und ersetzen keine Fachplanung. Auch lassen sich trotz aller Sorgfalt Fehler nicht ausschließen. Es kann deshalb keinerlei Haftung für die Anwendbarkeit oder Tauglichkeit in einem konkreten Anwendungsfall übernommen werden.

Ausgangslage in Oberschwaben

- Thermalwasserbohrungen für Thermalbäder etabliert
- Oberflächennahe Geothermie meist in dezentralen Anlagen (Kalte Nahwärmenetze etablieren sich)
- Kleinere Stadtwerke in kleinere Städten / Mittelstädten (FN, RV, BC)
 - begrenzte Finanzkraft der Kommunen und Stadtwerke → Risiko Großprojekte zu groß
 - je für sich begrenztes Know-how bei innovativen Wärme-(Netz-)Lösungen
 - Bedarfe der Stadtwerke [und weiterer Stakeholder] (s. Workshop 8.6.2021):
 - Input an Grundlagenwissen zu geologischen Voraussetzungen & techn. Lösungen
 - organisierter Austausch zwischen den Stadtwerken und mit der Wissenschaft
 - Pilotprojekte
 - Schaffung einer größeren und leistungsfähigen Struktur

Verbundvorhaben LFZG-IGWN

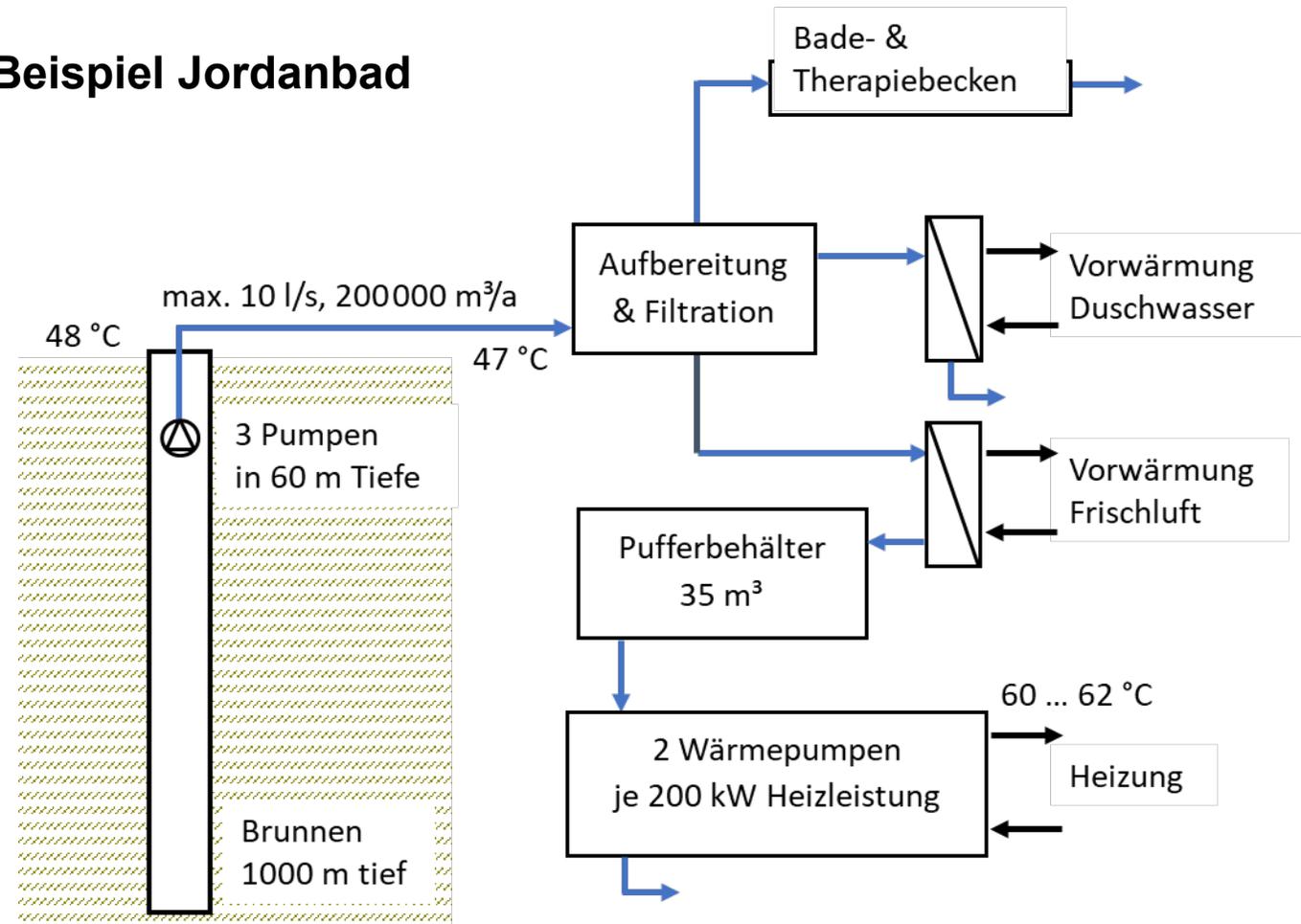
Ausgangslage in Oberschwaben – Bergbauberechtigungen Geothermie & Kohlenwasserstoffe



Maximilian Dörrbecker (Chumwa)
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_Upper_Swabia_\(Oberschwaben\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_Upper_Swabia_(Oberschwaben).png)),
„Map Upper Swabia (Oberschwaben)“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/legalcode>

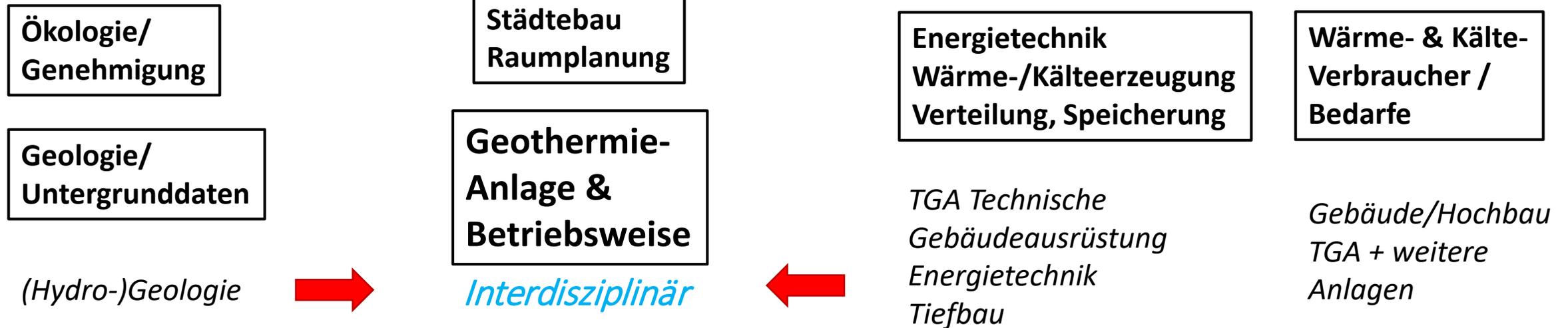
Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.) (2021): LGRB-Kartenviewer, <https://maps.lgrb-bw.de/> [abgerufen am 12.05.1025]

Ausgangslage in Oberschwaben – Beispiel Jordanbad



Quelle & ©: R. Koenigsdorff, Oberflächennahe Geothermie für Gebäude, 2011

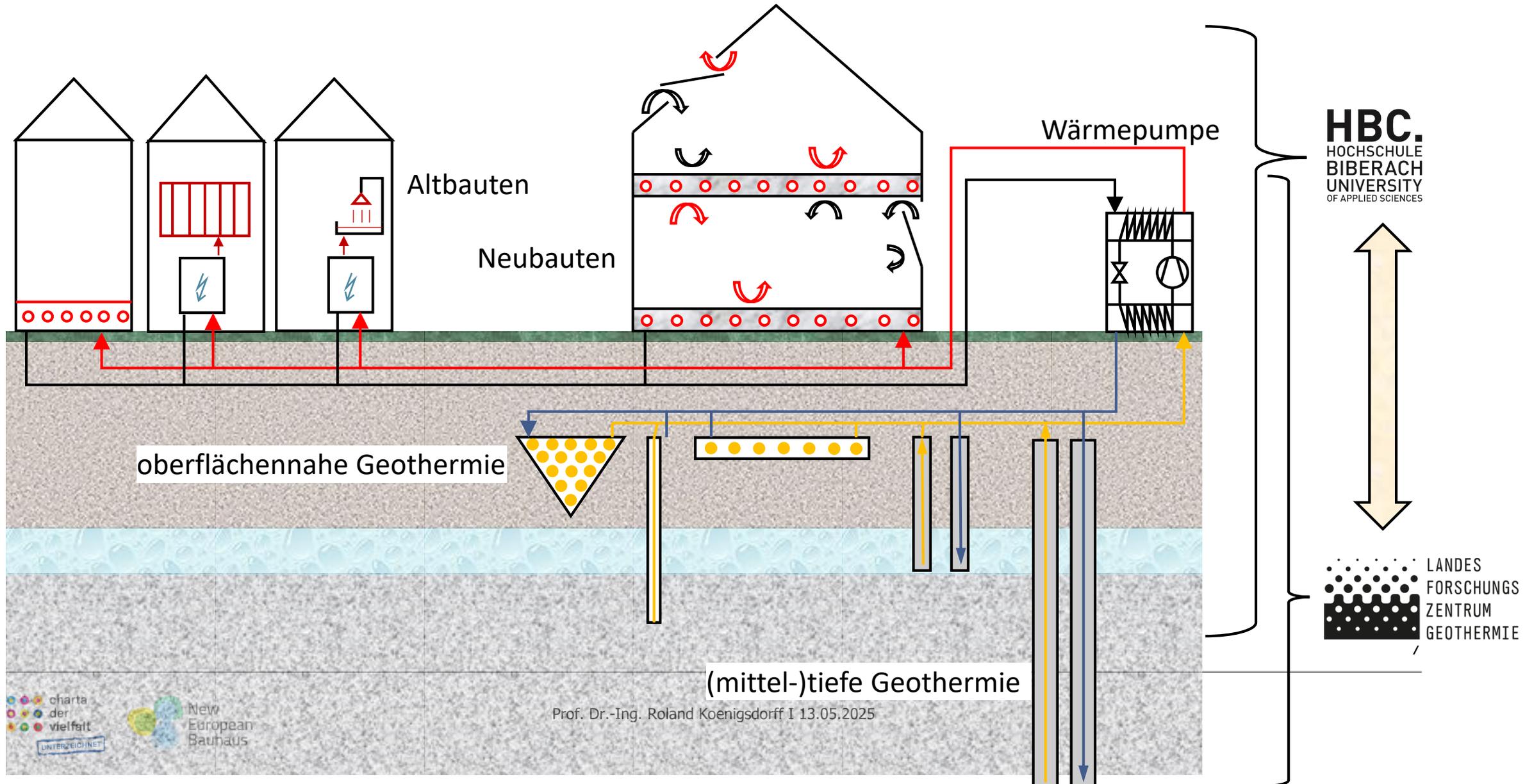
→ interdisziplinäre Planungsaufgabe



Hilfsmittel & Regeln (exemplarisch, ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Wasserhaushaltsgesetz (WHG), Landeswassergesetz (LWG)
- Bundesberggesetz, Verordnungen für Tiefbohrungen (BVOT)
- Geologiedatengesetz (GeolDG), Standortauswahlgesetz (StandAG)
- Land Baden-Württemberg: LQS-EWS, ISONG
- Richtlinien: VDI 4640, VDI 4645, VDI 4650, VDI 4655
- DVGW-Regelwerke
- Verordnung für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)
- VBI-Leitfäden zur Geothermie
- Gebäudeenergiegesetz GEG
- Vorschriften und Normen der TGA

Arbeitsgebiet geothermische Wärmeversorgung



Ziele eines wissenschaftsbasierten Anschubs für Innovative geothermische Wärmenetze (IGWN) in Oberschwaben

- Erarbeitung & Aufbereitung von vertieftem Wissen zu Geologie, Technologien, Best-Practice
- Horizont erweitern auf die gesamte Bandbreite: TG (Wärme & Speicher), ONG, Gewässer ...
- Transfer an Stakeholder in der Region
- Motivation von Projekten, die dann von Projektentwicklern und Planern entwickelt und umgesetzt werden

LFZG-IGWN

LandesForschungsZentrum Geothermie – Innovative geothermische Wärmenetze

Sprecher

Prof. Dr. Frank Schilling
Prof. Dr. Roland Koenigsdorff

Lenkungskreis

Treffen 1 x wöchentlich mit den
Sprechern der Arbeitspakete

Wissenschaftlicher Beirat

Treffen 2 x
jährlich
inklusive LGRB

Arbeitspaket 1 Begleitforschung

Prof. Dr. Roland
Koenigsdorff
Prof. Dr. Frank Schilling

Arbeitspaket 2 Geologie

PD Dr. Kathrin Menberg
PD Dr. Ernst Kiefer

Arbeitspaket 3 Transfer

Dr. Birgit Müller
Prof. Dr. Roland
Koenigsdorff

AP 1 – Begleitforschung:

- Feldforschung: Review ausgeführter Wärmenetze der 4. und 5. Generation
- Analyse FuE- & Demo-Projekte auf regionales Umsetzungspotenzial
- Lessons learned für Innovation – technisch, wirtschaftlich & im gesellschaftlichen Umfeld
- Vertiefende exemplarische Fallstudien und Anschub innovativer Pilotprojekte
- Analyse potenzieller Nachnutzungsobjekte

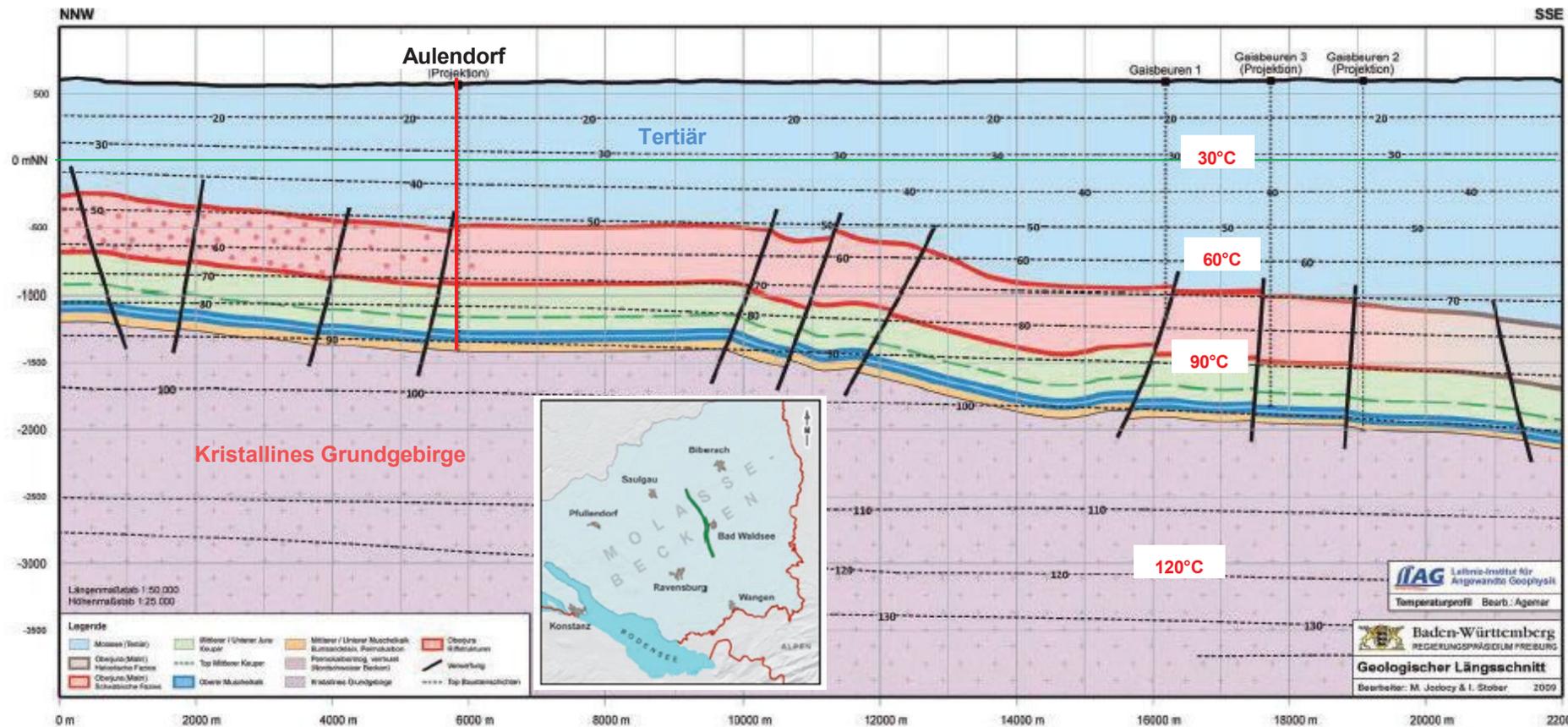
AP 2 – Geologie:

- Detailanalysen Potenziale oberflächennahe und tiefe Geothermie
- Erarbeitung Erschließungskonzepte (exemplarische Fallstudien) und Online-Karten

AP 3 – Transfer:

- Stakeholder-Workshops – durchgängiger Know-how-Austausch
- Austausch Wissenschaft \leftrightarrow Praxis
- Online-Plattform

Geologisches Modell Oberschwaben



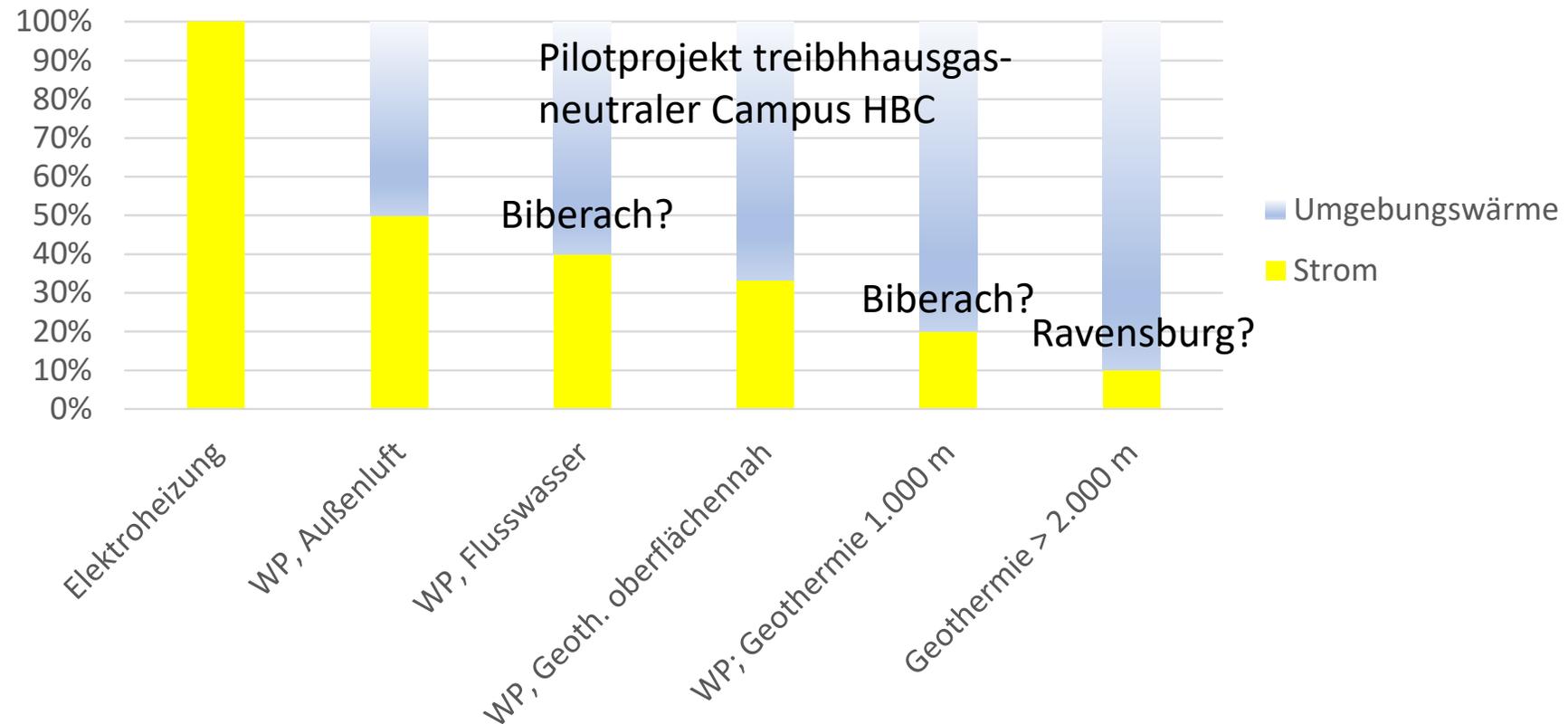
Quelle & ©:
Thorsten Agemar,
Ingrid Stober
et al. (2013)

Hydrogeothermale Aquifere



Wir haben zu wenig geeignete Biomasse & Wärmepumpen benötigen Strom

Hebelwirkung von Stromeinsatz im Winter



→ Wärmepumpen mit möglichst warmer Wärmequelle einsetzen: **Optimierung, Transfer & Innovation**

AP 1 – Begleitforschung:

- Feldforschung: Review ausgeführter Wärmenetze der 4. und 5. Generation
- Analyse FuE- & Demo-Projekte auf regionales Umsetzungspotenzial
- Lessons learned für Innovation – technisch, wirtschaftlich & im gesellschaftlichen Umfeld
- Vertiefende exemplarische Fallstudien und Anschub innovativer Pilotprojekte → z. B. [Horithermie](#)
- Analyse potenzieller Nachnutzungsobjekte → z. B. [Bad Saulgau](#)

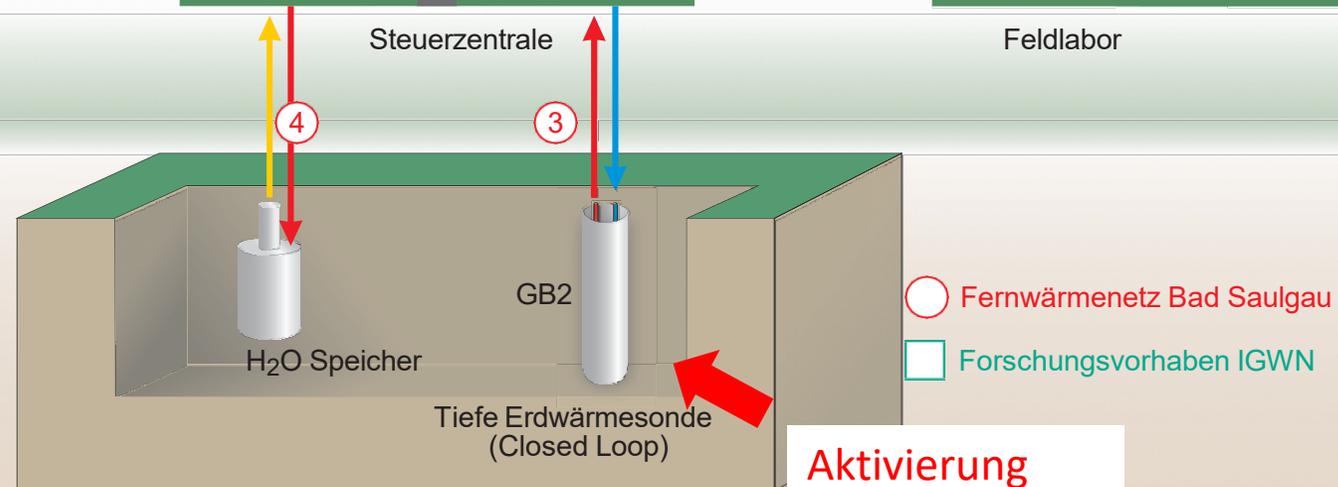
AP 2 – Geologie:

- Detailanalysen Potenziale oberflächennahe und tiefe Geothermie
- Erarbeitung Erschließungskonzepte (exemplarische Fallstudien) und Online-Karten

AP 3 – Transfer:

- Stakeholder-Workshops – durchgängiger Know-how-Austausch
- Austausch Wissenschaft ↔ Praxis
- Online-Plattform

Fernwärme Bad Saulgau – Vision Innovationslabor



**Aktivierung
Altbohrung mit
Tiefensonde**

AP 1 – Begleitforschung:

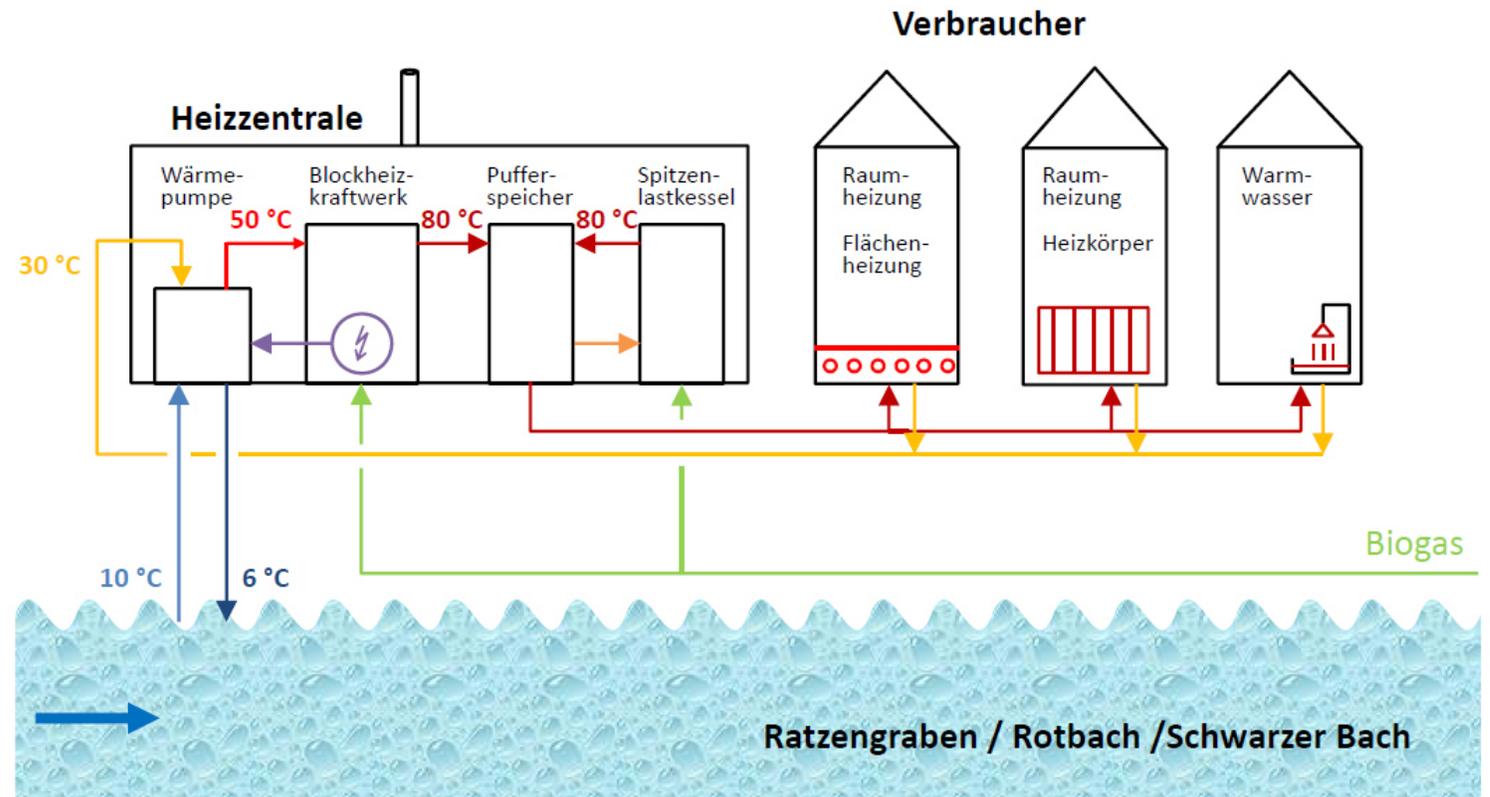
- Feldforschung: Review aus
- Analyse FuE- & Demo-Proj
- Lessons learned für Innova
- Vertiefende exemplarische
- Analyse potenzieller Nachr

AP 2 – Geologie:

- Detailanalysen Potenziale c
- Erarbeitung Erschließungsk

AP 3 – Transfer:

- Stakeholder-Workshops – d
- Austausch Wissenschaft \leftrightarrow Praxis
- Online-Plattform



Quelle: Projektbericht eCO₂centric, stud. Projektarbeit

Nächste Schritte

- **AK Stadtwerke/Kommunen/Stakeholder** initiieren
- Identifikation von **Modell-Kommunen/Regionen** für verschiedene Anwendungsfälle
- **Fallstudien** für die Modell-Kommunen/Regionen, um alle Geothermie-Optionen seriös und konkret zu unterfüttern, bekannt zu machen und anzustoßen:
 - so weit wie möglich standortscharfe Darstellung der lokalen Bedingungen (Geologie, Geothermie, Wärmebedarf, Energieinfrastruktur), z. B. Konkretisierung flächiger Daten/Karten
 - Gleichrangige/ergebnisoffene Untersuchung von ONG, Wärme aus Gewässern und TG (Wärmegewinnung & Aquiferspeicher)
- Mitwirkung bei der Findung und dem Anschub geeigneter **Pilotprojekte**