

Hinweise zum Urheberrecht und Copyright

Diese Unterlagen sind ausschließlich für den persönlichen Gebrauch durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops „WärmeGut: Daten und Informationen für die Wärmewende mit Geothermie“ vom 29.05.2024 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 der Verursacher haftbar gemacht wird.

Eine Weitergabe an außenstehende Dritte in irgendeiner Form ist deshalb grundsätzlich nicht gestattet. Für die Teile dieses Dokuments, an denen die Verfasser selbst die Urheberrechte halten, werden auf Anfrage gerne weitergehende Nutzungsrechte (für Zwecke der Lehre und Forschung kostenlos) gewährt.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



1) Die Rolle des Forschungsprojekts WärmeGut bei der Begleitung der Ausbaupfade der Geothermie

Dr. Tom Schintgen

2) Untergrundtemperaturdaten als bedeutende Parameter für Potenzialkarten

Djotsa Nguimeya

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Die Rolle des Forschungsprojekts WärmeGut bei der Begleitung der Ausbaupfade der Geothermie

Dr. Tom Schintgen
Geothermik und Informationssysteme
Institut für Angewandte Geophysik - LIAG

Bericht zu Energiedaten des BMWK (2022): Anlass für Metastudie des LIAG

- Entwicklung des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser gespiegelt mit Ausbaupfaden der Geothermie

Metastudie zur nationalen Erdwärmestrategie


Ersatz fossiler Brennstoffe im Bereich Raumwärme und Warmwasser durch Geothermie als unverzichtbarer Bestandteil im Energiesektor Ökowärme bis 2045

– Entwicklung des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser gespiegelt mit Ausbaupfaden der Geothermie –

Berichtsdatum: 30.05.2022
Archiv-Nr.: OASYS 207685

Bibliothek/Wissenschaftliches Archiv im GEOZENTRUM HANNOVER

https://www.geotIS.de/homepage/publication#public_relations



Grundlage für aktuelle Forschungsthemen des LIAG zur Wärmewende

Energiedaten: Gesamtausgabe

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>

19.01.2022 *Energiedaten und -szenarien*

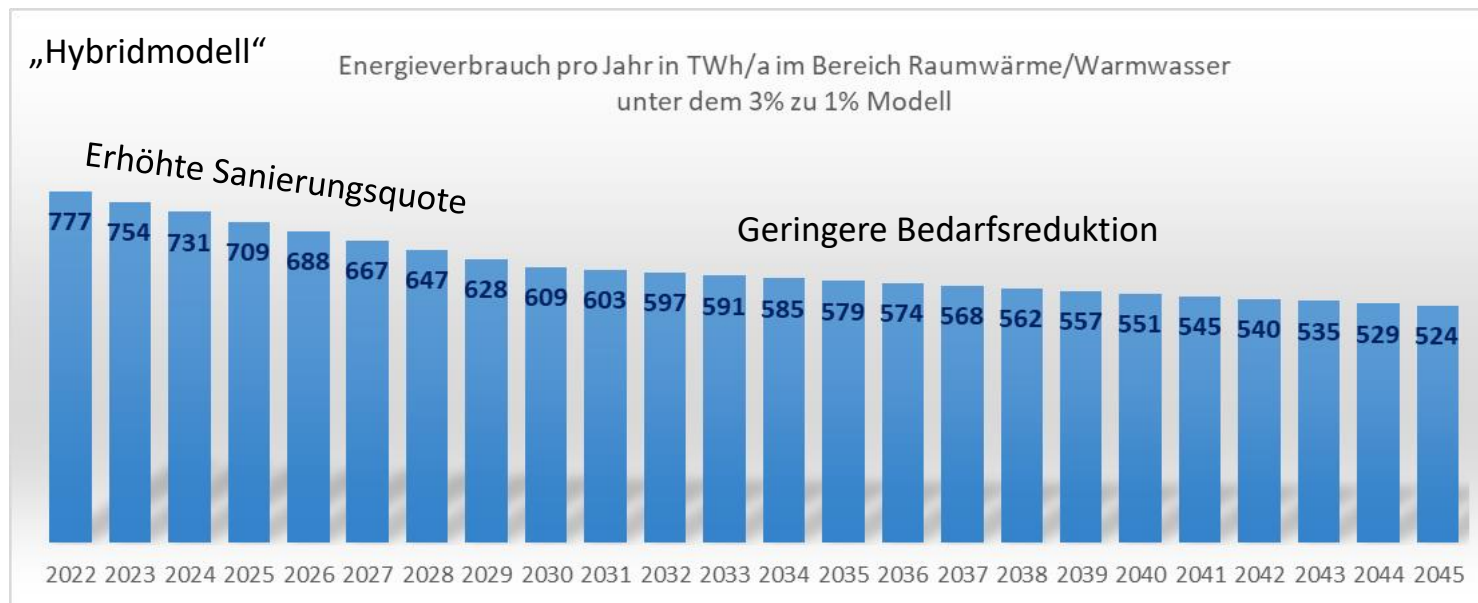
↓ **Gesamtausgabe der Energiedaten - Datensammlung des BMWK**

Letzte Aktualisierung: 20.01.2022

XLSX, 2 MB

Metastudie: Reduktion des Energiebedarfs für Raumwärme & Warmwasser

- Über 33,4% des Endenergieverbrauchs in Deutschland: **Raumwärme & Warmwasser (Stand 2020)**
- Fakt: Wärmebedarf hat sich von 2008 bis 2020 um 9,7 TWh/a (ca. 1%/a; R&W) reduziert (insgesamt 116,6 TWh)
- 100% Ökowärme bis 2045 nur erreichbar mit weiterer Bedarfsreduktion von etwa 33% ab 2022



Verschiedene Szenarien möglich!

Metastudie - Ein solider Ausbaupfad für die Geothermie

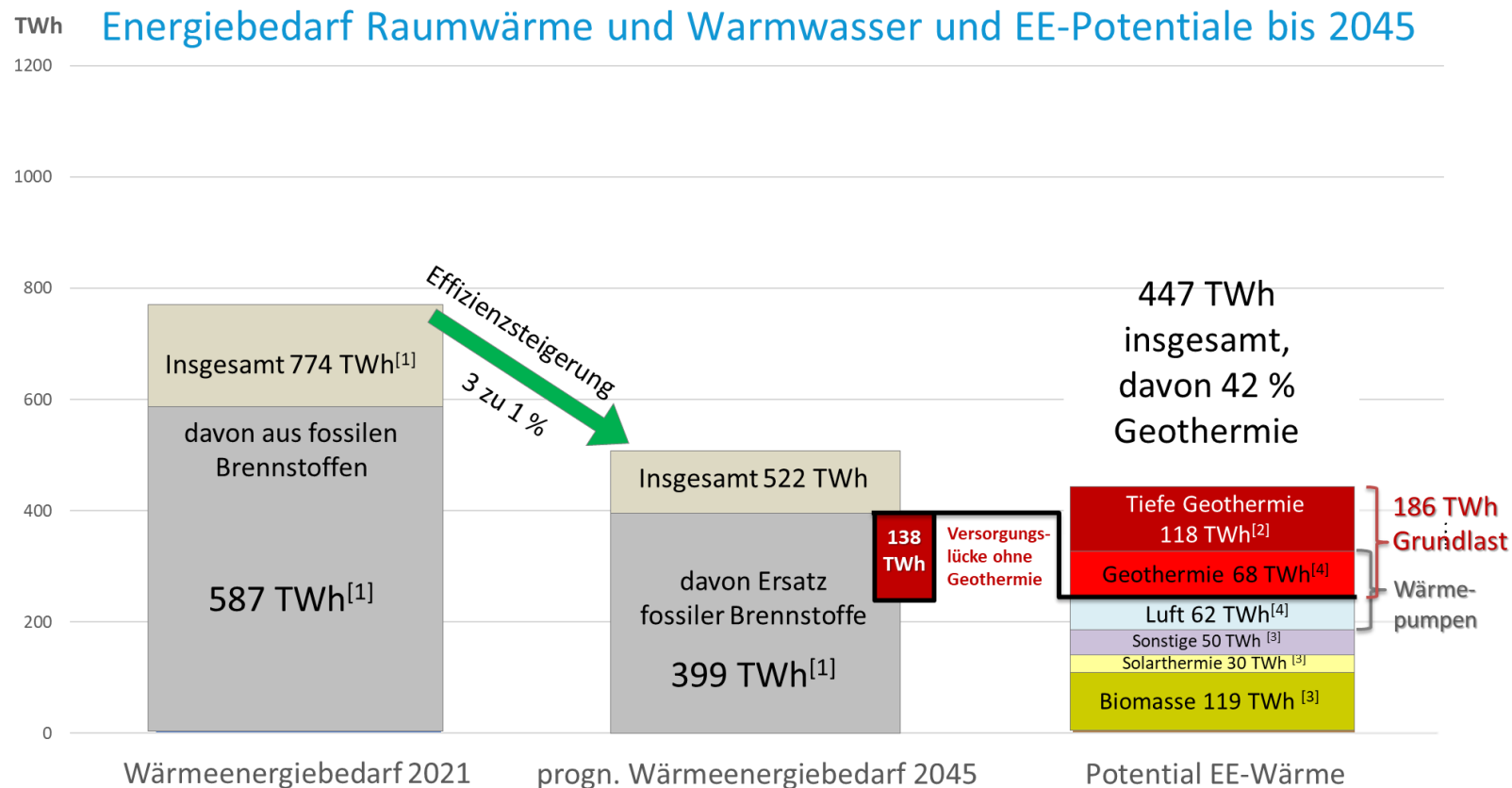
- Technisch plausibel und durchführbar
 - unter machbaren Voraussetzungen
 - auf Basis konservativer Studienergebnisse

Ausbaupfad Geothermie (Quellen: BEE, Sandrock Studie, Bundesverband Wärmepumpe Branchenstudie 2021 und Dena TM95)

2022		2030		2040		2045	
ONG	TG	ONG	TG	ONG	TG	ONG	TG
TWh/a	TWh/a	TWh/a	TWh/a	TWh/a	TWh/a	TWh/a	TWh/a
10	1,4	46	10	59	56	68	118
		Wachstum in TWh/a ggü. 2022		Wachstum in TWh/a ggü. 2030		Wachstum in TWh/a ggü. 2040	
		4,50	1,08	1,30	4,60	1,80	12,40

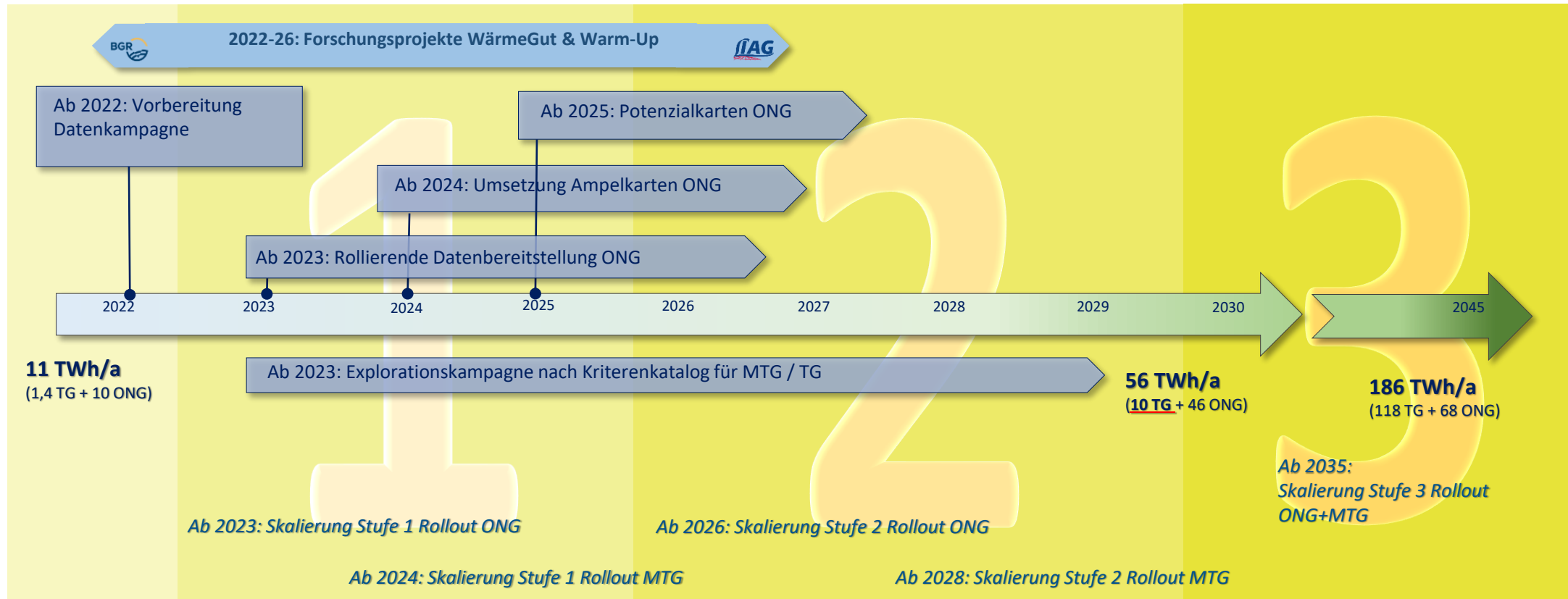
Fazit: Ökowärme hat Entwicklungspotenzial bis 2045

Szenario mit Einsparmodell 3 zu 1



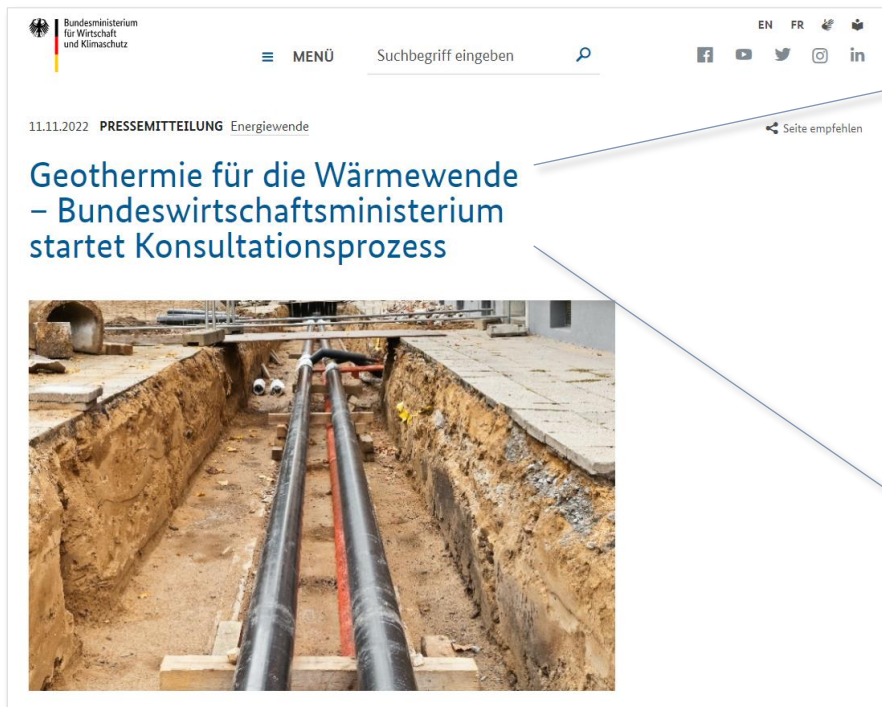
Quellen: aus Meta-Studie, Moeck 2022, darin: [1] Zahlen und Fakten: Energiedaten, BMWK, Stand 21.01.2022; [2] Sandrock et al., 2020; [3] BEE Prognose 2021; [4] Dena TM 95; verifiziert mit Kompilation Branchenstudie BWP und BDI 95;

Nationale Erdwärme- Strategie



Eckpunktepapier des BMWK für die Erdwärmekampagne

Datenkampagne: Eine der acht Maßnahmen zur Erreichung der Ausbauziele der Geothermie



Die acht im Eckpunktepapier enthaltenen Maßnahmen zur Erreichung des Ziels sind:

1. Austausch mit Akteuren – Dialogprozess zu notwendigen Maßnahmen
2. Datenkampagne – Systematische Bereitstellung vorhandener Daten, um die Grundlage für erfolgreiche Projekte zu ermöglichen.
3. Explorationskampagne – Vom Bund teilfinanzierte Exploration in Gebieten, die eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit für konkrete Projekte bieten.
4. Planungsbeschleunigung – Optimierungspotentiale in Genehmigungsverfahren identifizieren und heben.
5. Förderprogramme – Impulse für die Marktbereitung und Wettbewerbsfähigkeit geben.
6. Risikoabfederung – Prüfung von Risikoabsicherungsinstrumenten.
7. Fachkräftesicherung – Entwicklung von Strategien zur Nachwuchsgewinnung.
8. Akzeptanz – Informationsveranstaltungen und Akzeptanzprogramme sollten integraler Bestandteil eines jeden Projekts werden.



Verbundprojekt zur Flankierung des Erdwärmepumpen-Rollouts für die **Wärmewende** durch eine **bundesweite, einheitliche Bereitstellung von Geoinformationen** zur oberflächennahen **Geothermie** in Deutschland

Interdisziplinäres Team:

Verbundpartner



&

Assoziierte Partner ...



... + Halbjährliche Workshops für die Abstimmung mit allen SGD



Ziele des Forschungsvorhabens WärmeGut

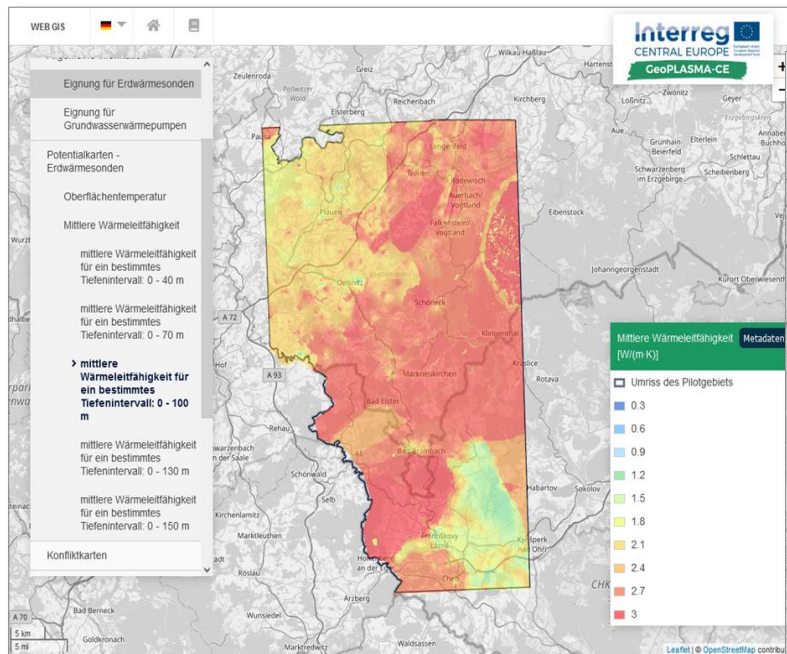
- **Darstellung des Potenzials der ONG in GeotIS**
 - Erstellung von bundesweit einheitlichen Ampelkarten (flächenhafte Einschränkungen)
 - Potenzialanalyse: Berechnung der nutzbaren Erdwärme je Fläche und Nutzungsform (z.B. mittels Erdwärmesonden)
- **Datenkampagne: bundesweit einheitliche Datengrundlage (T, WLF-Daten)**
 - Abstimmungsprozess mit allen SGDs
 - Bereitstellung von Projektmitteln für die Verbesserung der Datenlage und IT-Infrastruktur
 - Förderung von Projektarbeit bei den assoziierten Partnern

Voraussetzungen für den Erfolg von WärmeGut

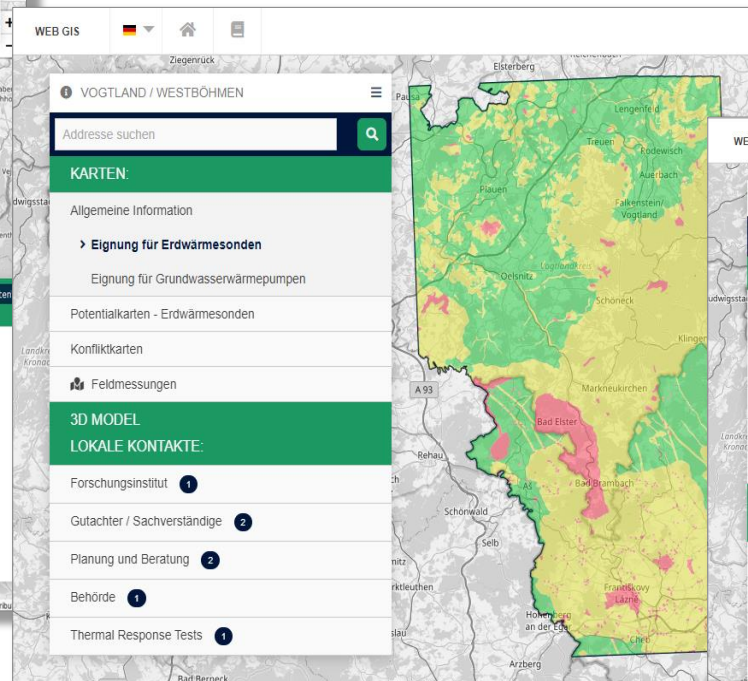
- Weiterentwicklung des GeotIS zwecks Implementierung und Aktualisierung der Daten zur ONG
- Weiterentwicklung des Ampelkarten-Konzepts des EU-Projekts GeoPLASMA-CE
- Implementierung der Software GEOHAND^{light} der Hochschule Biberach zur Potenzialberechnung im GeotIS
- Schaffung einer Datenbank die es ermöglicht, die Ampelkarten (Ausbaupotenzial der ONG) zu vergleichen mit dem tatsächlichen Ausbau der ONG (Statistik-Workshops)

Ampelkarten-Konzept des EU-Projekts GeoPLASMA-CE

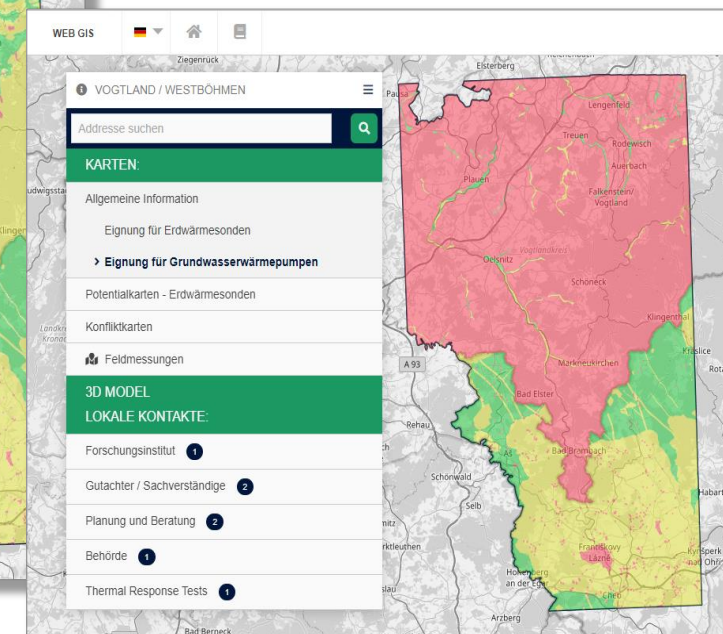
Mittlere Wärmeleitfähigkeit (0-100 m)



Ampelkarte zur Eignung von Erdwärmesonden



Ampelkarte zur Eignung von GW-Wärmepumpen

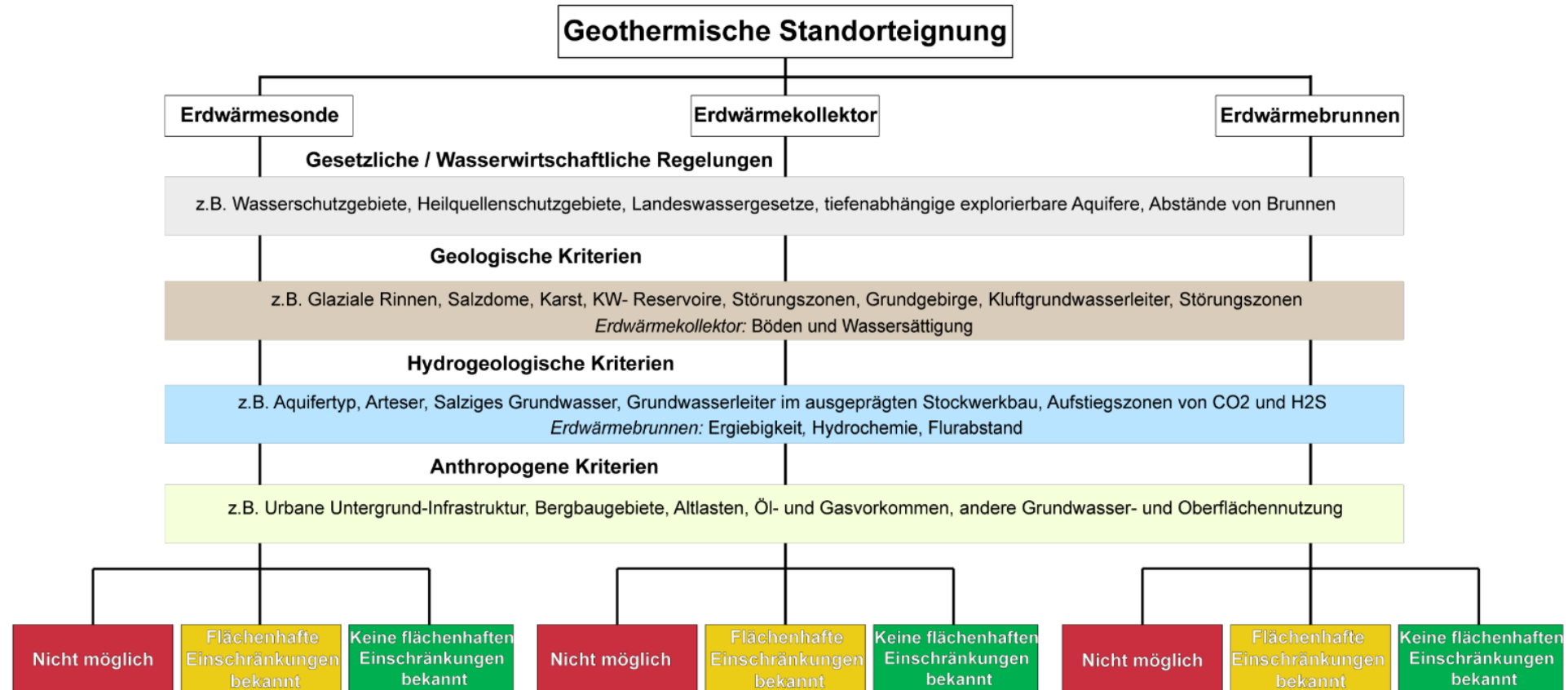


<https://portal.geoplasma-ce.eu/webgis/vogtland-w-bohemia>

Zusammenfassung der Ziele von WärmeGut

- **Erweiterung vom GeotIS auf die gesamte Geothermie: TG → MTG → ONG**
- **Entwicklung von Schnittstellen im GeotIS zu den Grunddaten der SGD**
 - WFS notwendig für automatisierte Updates (z.B. Ampelkarten)
- **Verbesserung (Angleichung) der Daten- und IT-Infrastruktur bei den SGDs**
 - Unterstützung bei der Erstellung und Implementierung von eigenen Ampelkarten
 - Umsetzung von eigenen Potenzialberechnungen zur Unterstützung des ONG-Ausbaus

Bisherige Ergebnisse: Ampelkartenkonzepte für verschiedene Nutzungsformen



Bisherige Ergebnisse: Erweiterung des GeotIS

- Neue Funktionalitäten und Menüführung
- Neues Temperaturmodell für ganz Deutschland von GOK bis 5 km Tiefe
 - Höheren Auflösung bis 1 km Tiefe
 - Weitere Verbesserung durch Integration von T-Daten aus dem oberflächennahen Bereich geplant!
- Integration von weiteren Infos für die ONG

Direktzugriff auf die Ampelkarten



GeotIS - Der digitale Geothermieatlas

START
GEOTIS

Mit GeotIS neue Wärmequellen entdecken

Das geothermische Informationssystem GeotIS ist ein frei zugängliches digitales Informationssystem zur Geothermie und bietet Ihnen umfangreiche Möglichkeiten, die potentielle Nutzung geothermischer Ressourcen in Ihrer Region zu untersuchen.

Nutzen Sie den Startbutton, um direkt in die Recherche einzusteigen oder informieren Sie sich auf unseren Seiten weiter über Geothermie und ihre vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten.

[Weiterlesen](#)



Aktuelles

Neues Design, neue Funktionen

2024 präsentiert sich GeotIS nicht nur im neuen Design, mit der Karte "Nutzungsmöglichkeit Erdwärmesonden" machen wir auch einen weiteren Schritt Richtung oberflächennaher Geothermie.

[Zur Karte Erdwärmesonden](#)



Termine

15. Norddeutsche Geothermietagung

Am 11. und 12. Juni 2024 laden LIAG, BGR und LBEG unter dem Motto "Geothermie - durch Innovation zur Wirtschaftlichkeit" zum inzwischen 15. Norddeutschen Geothermietag ins Geozentrum Hannover ein. Wir freuen uns auf Ihren Besuch.

Weitere Termine

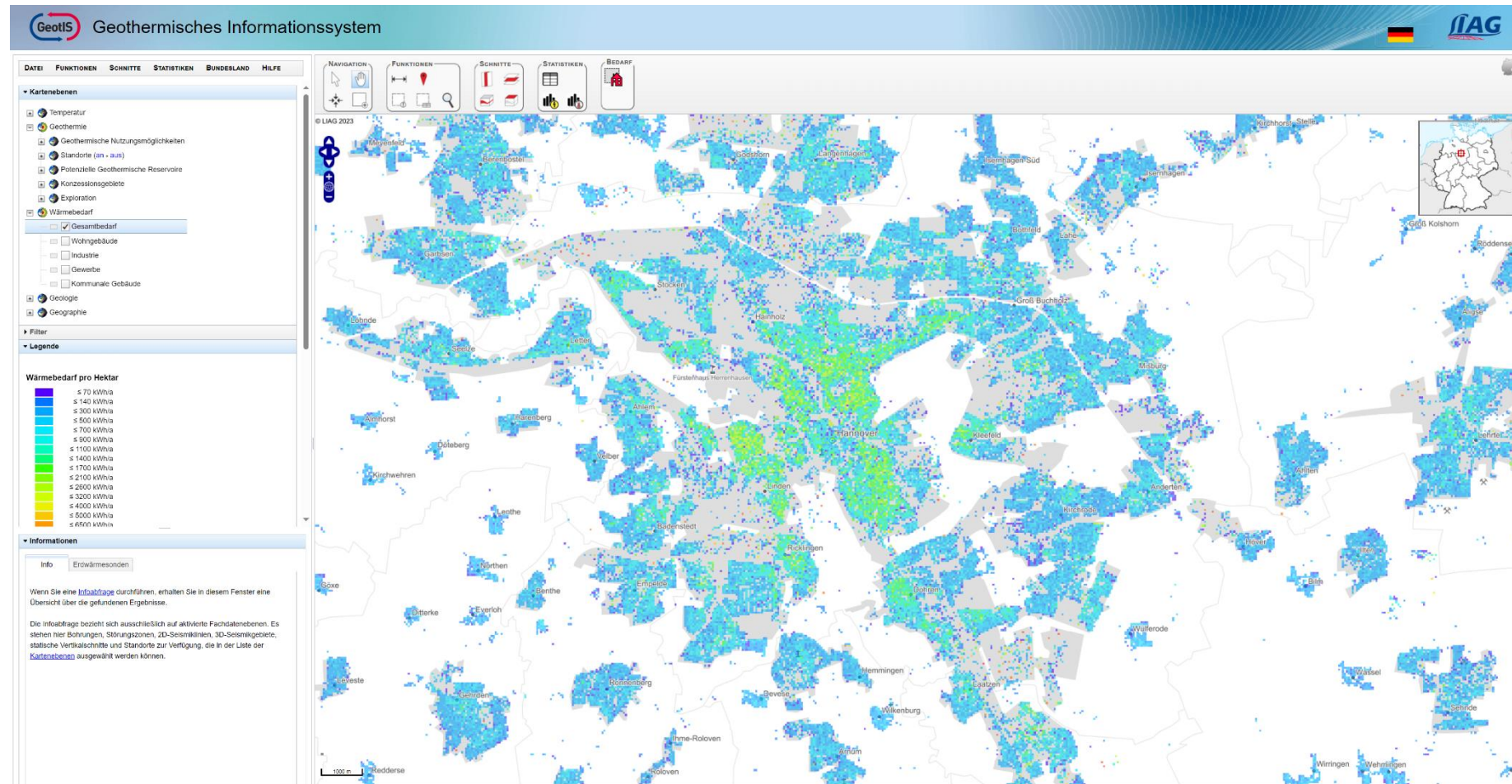
- LIAG
- Bundesverband Geothermie

Weitere Informationen zur Geothermie und zu GeotIS

 Statistiken zur Nutzung geothermischer Energie in Deutschland	 Ein Auszug unserer Karten aus GeotIS über Geothermie in Deutschland	 Unser E-Learning Angebot: Videos und Lernmodule über Geothermie zum einfacheren Selbststudium	 Neue Regelmäßige Webinare zur Nutzung von GeotIS Geplant ab April 2024
 Wissenschaftliche Publikationen , Hintergrundinformationen und mehr zum Thema Geothermie	 Fachinformationssystem Geophysik Das Rechercheportal des LIAG für geophysikalische Messdaten	 Wer steckt hinter GeotIS? Infos zur Projektgeschichte und Entwicklung von GeotIS	 Sie kommen nicht weiter? Hier finden Sie Hilfe zur Nutzung unserer Informationsangebote

Bisherige Ergebnisse: Implementierung von Wärmebedarfskarten (DBI)

- Essentiell für die Berechnung eines realistischen Potenzials der ONG
- Aufgliederung
 - Wohngebäude
 - Industrie
 - Gewerbe
 - Kommunale Gebäude

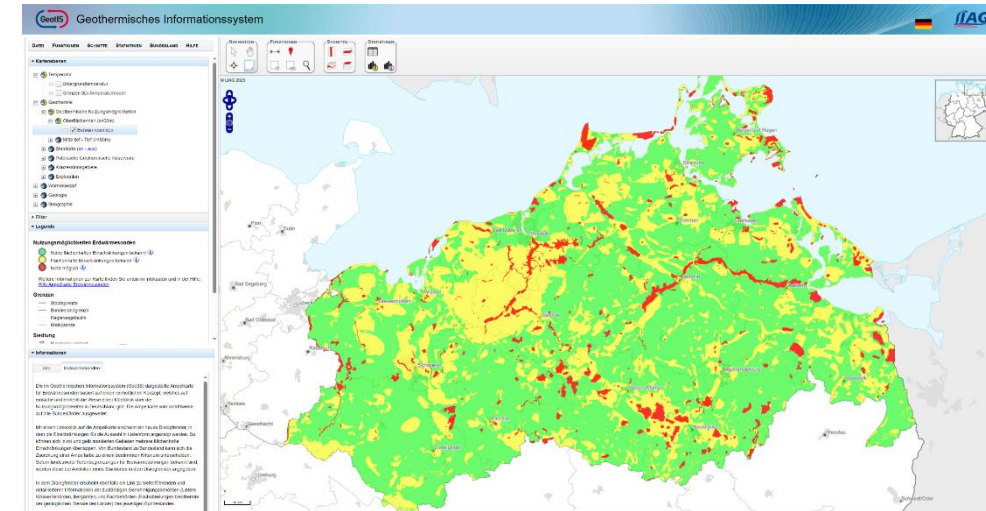
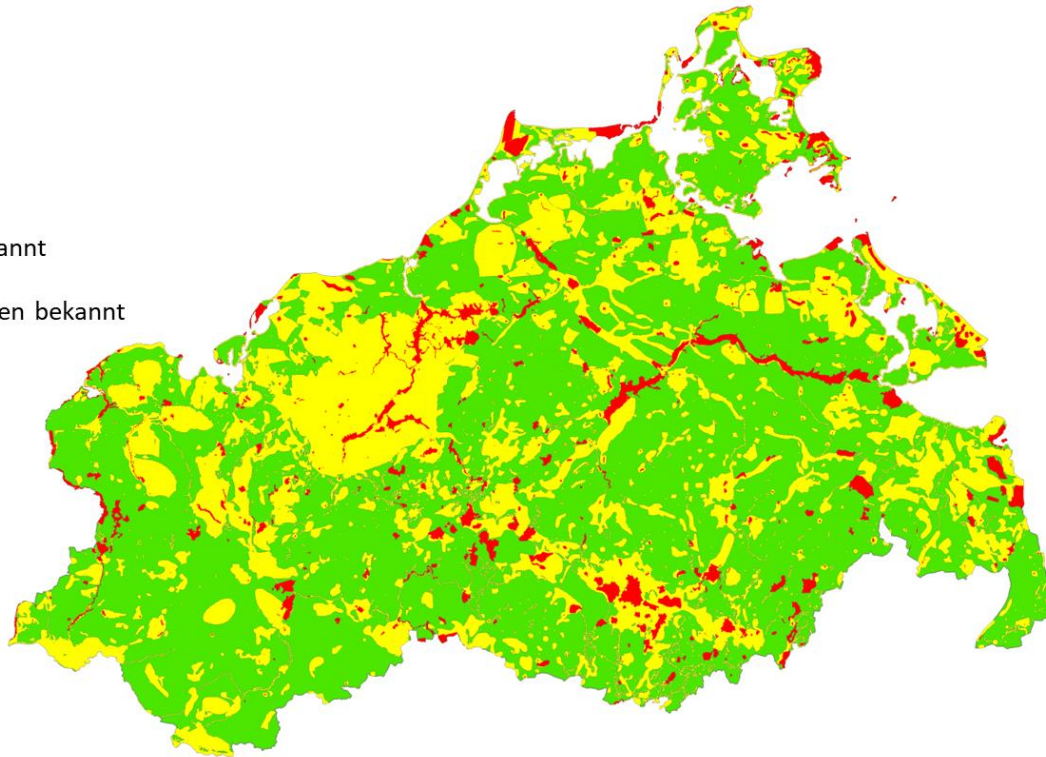


DBI Gruppe
<https://www.dbi-gruppe.de> > uploads > 2024/02 PDF

DBI-Ansatz zur Modellierung von Wärmebedarfen

Bisherige Ergebnisse: Erste Ampelkarte für Erdwärmesonden

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



Ampelkarten: Verschiedene Informationsebenen

Überblick mit generellen Informationen wie Kartenlegende und kurzen Infotext

Hilfeseite mit weiteren Erläuterungen

Ampelkarte Nutzungsmöglichkeit Erdwärmesonden

Wozu dient die Ampelkarte?

Die im Geothermischen Informationssystem (GeotIS) dargestellte Ampelkarte für Erdwärmesonden basiert auf einem einheitlichen Konzept, welches auf einfache und einheitliche Weise einen Überblick über die Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland gibt. Die Ampelkarte wird schrittweise auf alle Bundesländer ausgeweitet.

Die Klassifizierung im Rahmen des Ampelkonzeptes orientiert sich an bundeslandspezifischen Gesetzen und Verordnungen sowie Bewertungen geologischer, hydrogeologischer und anthropogener Kriterien (Nutzungskonflikte, (Geo-) Risiken). Die Ampelkarten im GeotIS haben einen informativen Übersichtscharakter und sind keine Entscheidungsgrundlage im Genehmigungsprozess. Für Hinweise zu Genehmigungsverfahren und -anträgen sowie weitere detaillierte Standortfaktoren, die in GeotIS nicht dargestellt werden können, wird auf die zuständigen Genehmigungsbehörden (Untere Wasserbehörden: Bergämter) und Fachbehörden (Fachabteilungen Geothermie der geologischen Dienste der Länder) verwiesen. Die jeweiligen Kontaktinformationen erhalten Sie in einem neuen Dialogfenster durch Anklicken des potenziellen Standortes auf der Karte.

Was stellt die Ampelkarte dar?

Ein Blick auf die deutschlandweite Ampelkarte für Erdwärmesonden im GeotIS soll eine schnelle Einschätzung über die Genehmigungsfähigkeit von Erdwärmesonden in einer Region ermöglichen. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass die dargestellten Ampelkarten ausschließlich die bekannten flächendeckenden Einschränkungen berücksichtigen. Die für die Genehmigung zuständigen Behörden (Wasserbehörde, Bergamt) können über zusätzliche Informationen verfügen, welche zu Einschränkungen oder zur Nichtgenehmigung führen können.

Bei der Erstellung der Ampelkarte für Erdwärmesonden im GeotIS werden bislang insgesamt 40 Kriterien berücksichtigt (siehe Tabelle mit Kriterien und Ampelfarben). Davon beziehen sich 20 Kriterien auf gesetzliche Regelungen (Aspekte der Raumordnung wie Schutz-, Trinkwassereinzugs- oder Vorranggebiete), 8 Kriterien auf die geologische Situation, 6 Kriterien auf die hydrogeologische Situation und 6 Kriterien auf die Beeinflussung des Untergrundes durch den Menschen.

Nicht berücksichtigt bei der Darstellung in GeotIS werden in der Regel:

- Altlasten und Grundwasseruntersuchungen
- Antragsverfahren antragspendant des Gesetztes zur Suche eines Erdwärmesonden für hydrothermale Anfälle (Standortauswahl)

Detaillierte Informationen bei Standortabfrage über ein Dialogfenster mit bundeslandspezifischen Infos und Links

Zuständige Fach-Genehmigungsbehörden:
 Fachbehörde: Landesamt für Umweltschutz, Naturschutz und Geologie (LNU) M-V
 Weitere Informationen: [Landesamt für Umweltschutz, Naturschutz und Geologie \(LNU\) M-V](#)
 Anträge: [Landesamt für Umweltschutz, Naturschutz und Geologie \(LNU\) M-V](#)
 Details: [Landesamt für Umweltschutz, Naturschutz und Geologie \(LNU\) M-V](#)

Einschränkungen am gewählten Standort:
 Nicht möglich

Rad im GeotIS bedeutet, dass die Installation von Erdwärmesonden aufgrund von im jeweiligen Bundesland geltenden Gesetzen und Verordnungen verboten ist.

Standort:
 Mecklenburg-Vorpommern (n=5691753, y=5569973)

Legende:
 • Nennerschutzzgebiet I oder II (auch III, IV)
 • Grundwasserzonen mit Übersättigungspotential

Aktualität:
 Stand der Daten: Januar 2024
 Wir sind bemüht, die Daten regelmäßig zu aktualisieren, trotzdem kann es vorkommen, dass Änderungen kommen. Die Prüfung und Genehmigung von Erdwärmesonden erfolgt zusätzlich durch die zuständigen Landesbehörden. Das LNU übernimmt keine Gewähr für die Erfassung eines entsprechenden Antrages.

[Zurück zur Karte](#) [Weitere Standorte](#)

Zusammenfassung und Ausblick

- **WärmeGut steht für interdisziplinäre Forschung und integriert Geowissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und IT-(Geo)Informatik.**
- **WärmeGut ist das aktuelle Großprojekt zur ONG in Deutschland und begleitet den kommenden Markthochlauf der ONG; dazu wird GeotIS ausgebaut.**
- **Durch assoziierte Partnerschaften und ein kontinuierliches Abstimmungsverfahren sind die SGDs direkt einbezogen.**
- **Ergebnisse werden sequenziell nach rollendem Verfahren veröffentlicht.**

Zu guter Letzt: WärmeGut-Webseite

<https://www.waermegut.de>

Vielen Dank!



The screenshot shows the homepage of the WärmeGut website. At the top left is the WärmeGut logo. To its right are navigation links: News, Kontakt, Ampelkarte, Projekt, Presse. Below this is a large photograph of a geothermal construction site with a crane and large pipes. Underneath the photo is an orange banner with the text 'Herzlich willkommen bei WärmeGut!'. Below the banner is the 'Fördermittelgeber' section, which includes the logo of the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Protection and a text box stating that the project is funded by the German Bundestag. To the right of this is a paragraph of text describing the project's goals and partners. Below that is the 'Verbundpartner' section, which features four logos in a row: IAG (Institut für Angewandte Geophysik), Georg-August-Universität Göttingen, BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), and geoENERGIE konzept (a subsidiary of GNGIE).

Untergrundtemperaturdaten als bedeutender Parameter für Potenzialkarten

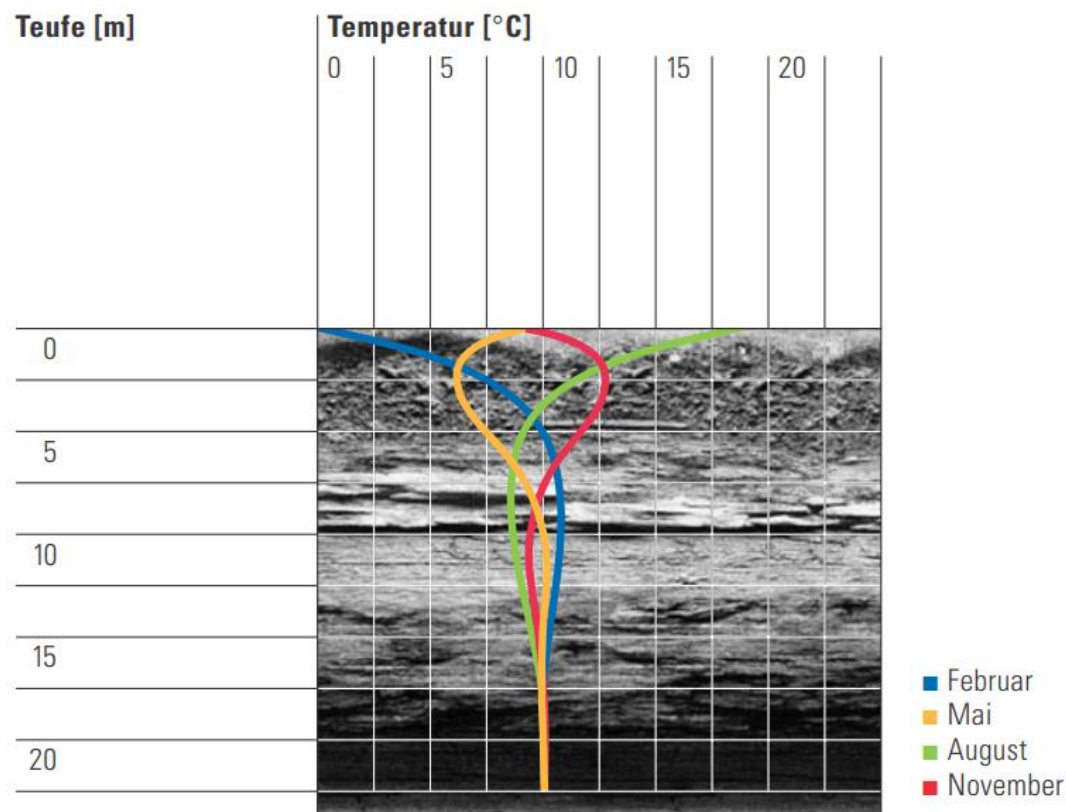
Djotsa Nguimeya N. V., M. Anees, T. Schintgen & T. Agemar

*Sektion 4 Geothermik und Informationssysteme
LIAG Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)*

- Gesamtes Erdwärmevorkommen innerhalb einer Region (theoretisches Erdwärmepotenzial) hauptsächlich abhängig von:
 - Formationsvolumen, Wärmekapazität und Temperatur
- Nutzbares Erdwärmevorkommen innerhalb einer Region berücksichtigt zusätzlich:
 - Ampelkarte, Erdwärmesonden-Technologie und Potenzialberechnung auf Basis der Wärmeleitfähigkeit, Wärmebedarfskarte

Untergrundtemperatur

Mittlerer geothermischer Gradient in Deutschland: **32 °C/km**



Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV), 2005

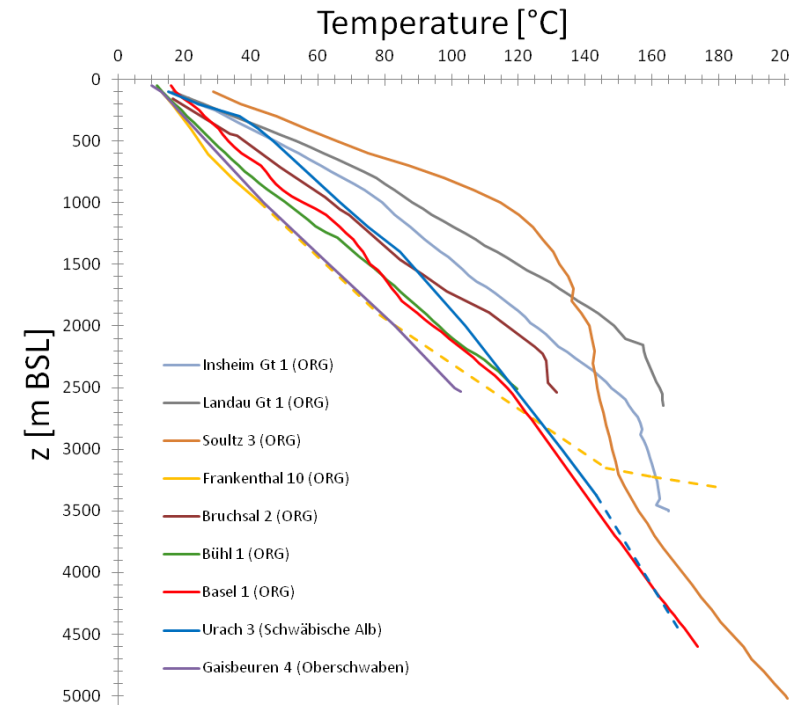
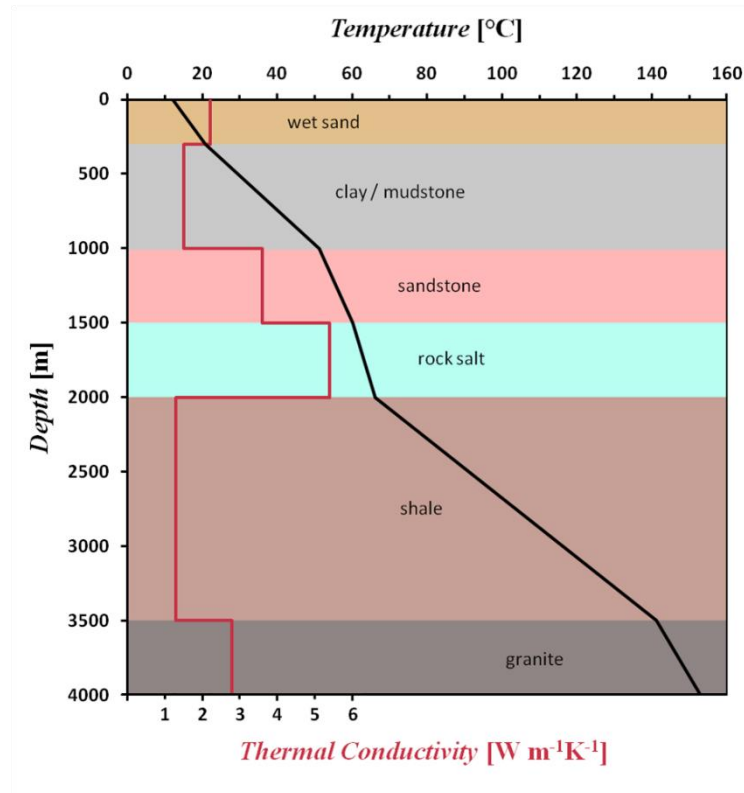
Im oberflächennahen Bereich bis ca. 20 m unter GOK:

- Einfluss von Lufttemperatur (*thermal inertia*)
- Geländemorphologie auf Basis eines digitalen Höhenmodells (DHM)
- Anthropogener Einfluss (Gebäudestrahlung und Wärmeinsel)



Untergrundtemperatur

Mittlerer geothermischer Gradient in Deutschland: **32 °C/km**



Agemar et al., 2012

- Im mittleren und tiefen Bereich: Einfluss von Wärmetransport durch **Konduktion** und stellenweise auch **Konvektion**

Untergrundtemperaturdaten:

Beispiel FIS-GP Datenbank am LIAG <https://www.fis-geophysik.de>

Fachinformationssystem Geophysik



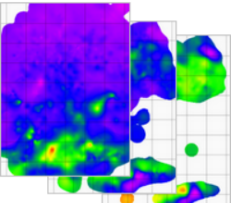
Kühne et al., 2003

Mit FIS-GP-Search steht u. a. eine Menü- und Formularoberfläche mit den Funktionen Recherche, Visualisierung, Download und Drucken zur Verfügung.

Mit FIS-GP-Viewer können geophysikalische Daten in verschiedenen Koordinatensystemen bereitgestellt werden.

Bohrlochgeophysik	Mess-Logs aus Bohrungen und Composite Logs aus Bohrungen
1D-Geoelektrik	Schlumberger-Sondierungen (max. 15 km Auslage) und Auswertungen
2D-Geoelektrik	Profile und Auswertungen
Gravimetrie	Schweremessungen
Magnetik	Messpunkte (überwiegend aus der Aeromagnetik)
Untergrundtemperaturen	Untergrundtemperaturen aus Bohrungen (bis zu 9.100 m Tiefe)
2D-Seismik	seismische Profile und Auswertungen
3D-Seismik	seismische Messung
Vertikal seismische Profile	VSP-Messungen und Auswertungen
Aerogeophysik	Messgebiete mit Fluglinien und Messpunkten (Methoden HEM, HMG und HRD)
Petrophysik	Messungen an Proben aus Bohrungen
Transienten-Elektromagnetik	Kampagnen mit Messungen und Auswertungen
SkyTEM	Gebiete mit Profilen, Punkten und Auswertungen

2D-Grids



Download Schemas



FLEX-PP



Excel-basiertes Erfassungsprogramm für die Petrophysik

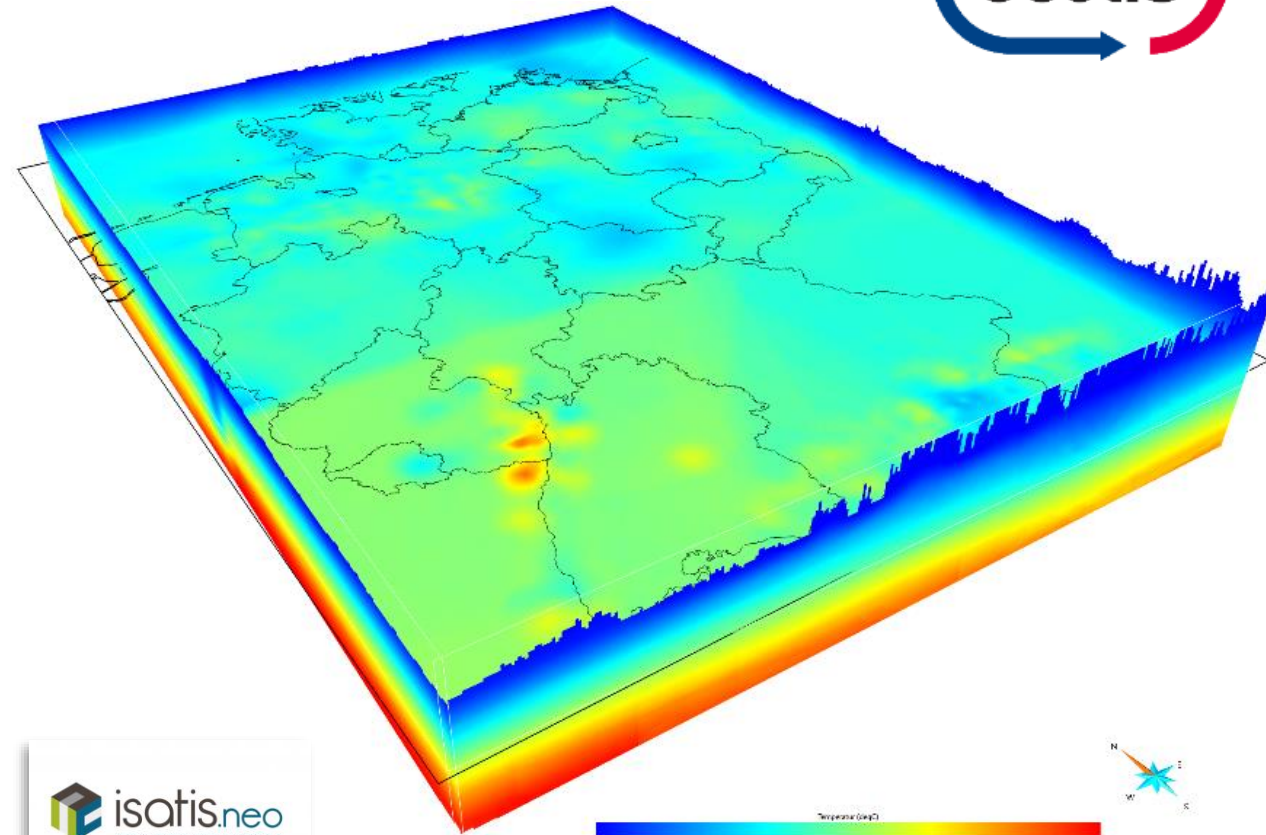
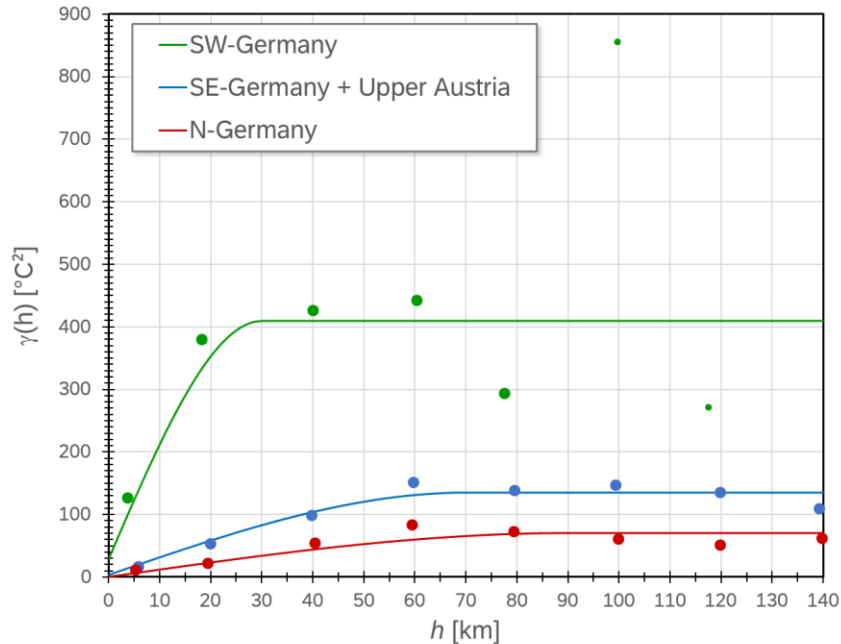
- Mehr als 11.000 Bohrlochtemperaturdaten & 212 Temperaturdaten aus Stollen und Gruben (Industrie, Forschung und staatliche Daten)
- 9509 Temperaturmessungen im Tiefenbereich bis 400 m unter GOK
- Nur 1648 Temperaturdaten aus dem oberflächennahen Bereich: Bohrungen und Bergwerk
- Allgemein übersteigt die Anzahl an Industriedaten bei weitem die Daten aus Forschungsprojekten und anderen geologischen Untersuchungen



Deutschland Temperaturmodell

	SW- Deutschland	SE-Deutschland + Oberösterreich	N- Deutschland
Nugget	30 K ²	4 K ²	1 K ²
Schwelle (Sill)	410 K ²	135 K ²	70 K ²
Horizontale Reichweite	30 km	70 km	90 km
Vertikale Reichweite	1000 m	2000 m	2000 m
Typ	Spherical	Spherical	Spherical

Agemar et al., 2012



Die Qualität der Daten hängt von der Spüldauer, Stillstandszeit, Testdauer ab

- **Optimale Daten:** Temperaturprofile im stationären Zustand
- **Hohe Qualität:** Messungen im Zuge hydraulischer Produktionstests
- **Schwankung um ca. 1K:** Zeitreihe Temperaturdaten aus Produktionsbohrungen über mehrere Jahre
- **Schlechte Qualität:** Temperaturen im Bohrloch tiefsten (Bottom Hole Temperature BHT) unmittelbar nach Einstellen der Bohrarbeit

Klassifizierung auf der Grundlage von Datensatztypen

<u>Temperaturmessung</u>	Klasse A: Höchste Qualität	Klasse B: Mittlere Qualität	Klasse C: Niedrigste Qualität
Ungestörte Lagerstättenmessung	X		
Ungestörte Temperaturlogs	X		
Gestörte Temperaturlogs		X	
Zeitreihe Temperatur	X		
Bohrerschafttest	X		
Stollen und Grube	X		
Untertagebau und Tunnel	X		
BHT Ablaufzeit aufgezeichnet		X	
BHT keine Ablaufzeit aufgezeichnet			X

Agemar et al., 2012

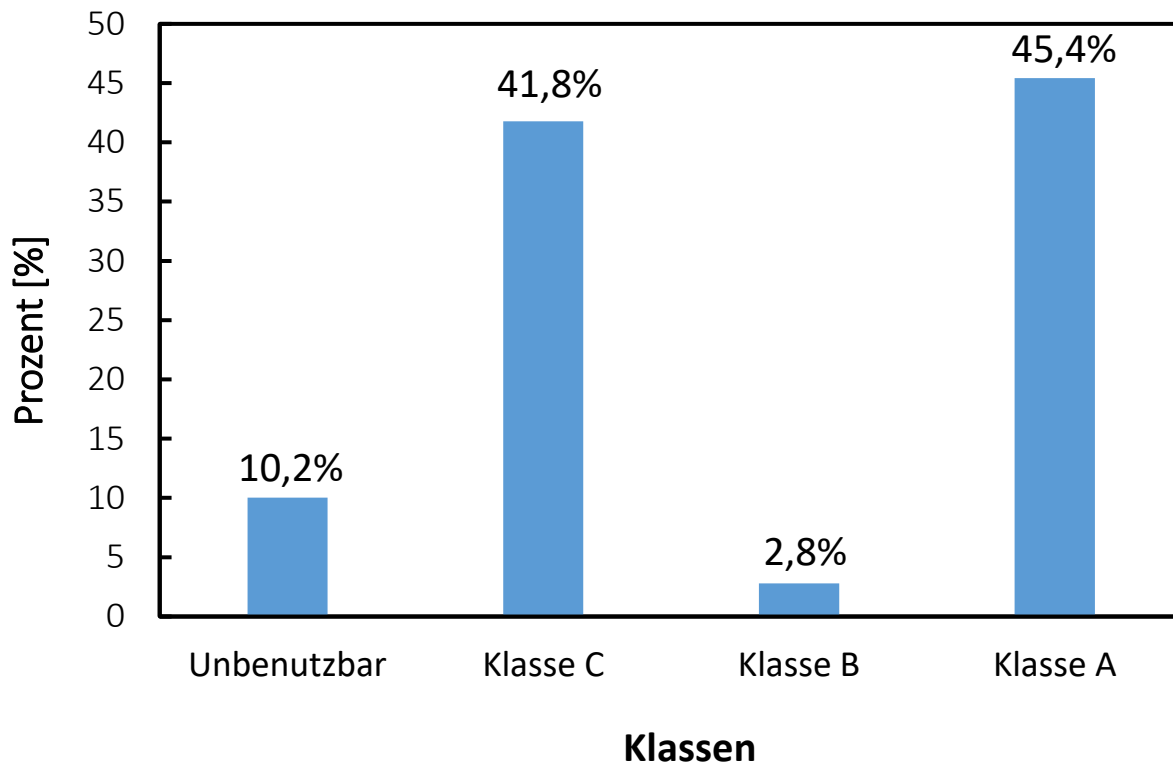
Qualitätsanalyse und Klassifizierung zum aktuellen Modell

Vier Qualitätsniveaus der Temperaturdaten wurden bei der Qualitätskontrolle definiert (Höchste Qualität, mittlere Qualität, niedrigste Qualität und keine Daten).

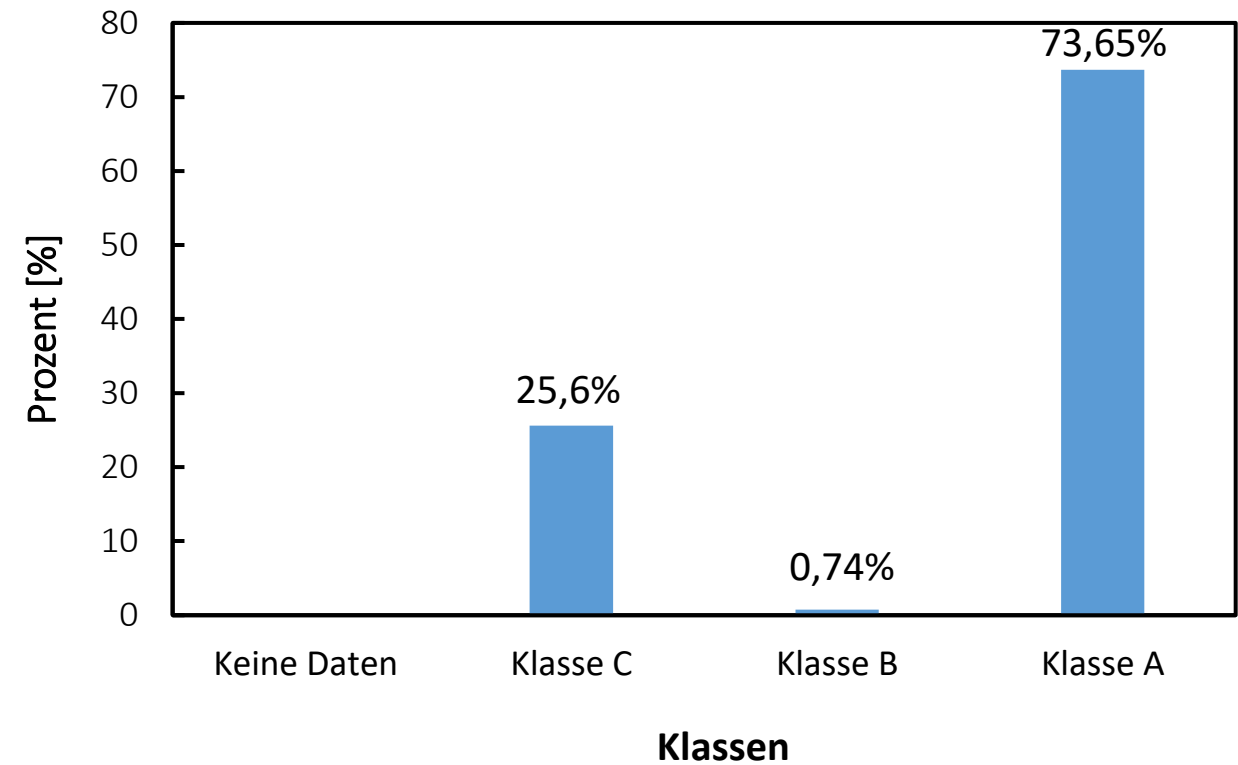
Agemar et al., 2012

- Insgesamt 55927 Kontrollpunkte analysiert für die 3D-Temperaturfeld-Modellierung
- 20695 Datenpunkte im Teufenbereich bis 400 m, entspricht ca. 37% des gesamten Datensatzes

Klassen aus 55927 Datenpunkten



Klassen aus 20695 Datenpunkten



- **Störfaktoren:** Bohrfluidzirkulation und der Bohrvorgang
- Methoden zum Korrigieren von BHT zu ungestörten Temperaturwerten: **analytisch, numerisch** und **empirisch**
- Kenngröße zur Wahl der BHT-Korrekturmethode: **Shut-in-time, Fluidzirkulationszeit, Anzahl** der für **jede Tiefe verfügbaren Temperaturwerte, Bohrlochradien**
- FIS-GP schlägt automatisch die am besten geeignete Korrekturmethode für die Rohtemperatur entsprechend der Verfügbarkeit von Parametern vor.

Temperaturkorrekturverfahren

- **Annahme in analytischer Methode:** Kühlwirkung des zirkulierenden Bohrfluids, das thermische Verhalten des Bohrlochs und des umgebenden Gesteins
- Die **Unsicherheit** der korrigierten BHT ist im allgemeinen hoch und liegt in der Größenordnung von ± 8 K (Förster, 2001)

Entwicklung des 3D-Temperaturmodells

Modell- Eingabedaten

- Korrigierte und validierte Temperaturdaten aus:
 - Bohrlochmessungen
 - Trinkwasserbrunnen
 - Mineralwasserquellen

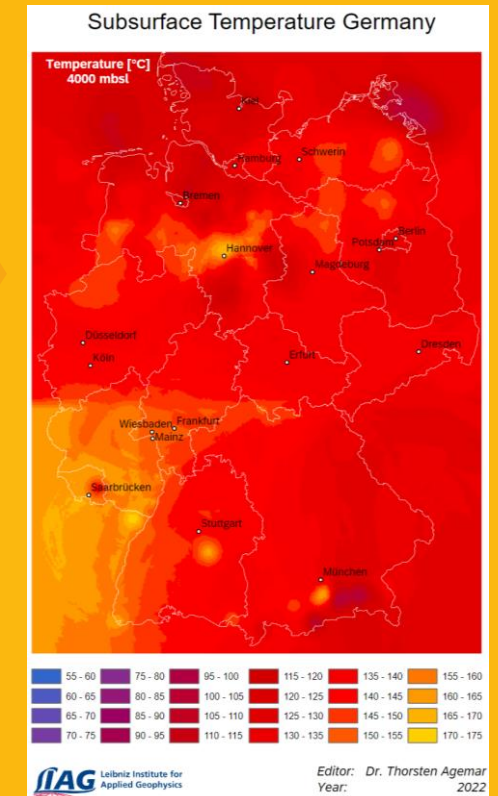
Modell-Erstellung

- Erstellung von virtuellen Logs aus Punktdaten
- 3D Universal Kriging
 - 2 km x 2 km x 100 m Gitter
 - 5000 m bsl bis Rasensohle
 - 3 Regionen: N/ SW/ SE
- Lokale negative Gradienten entfernen

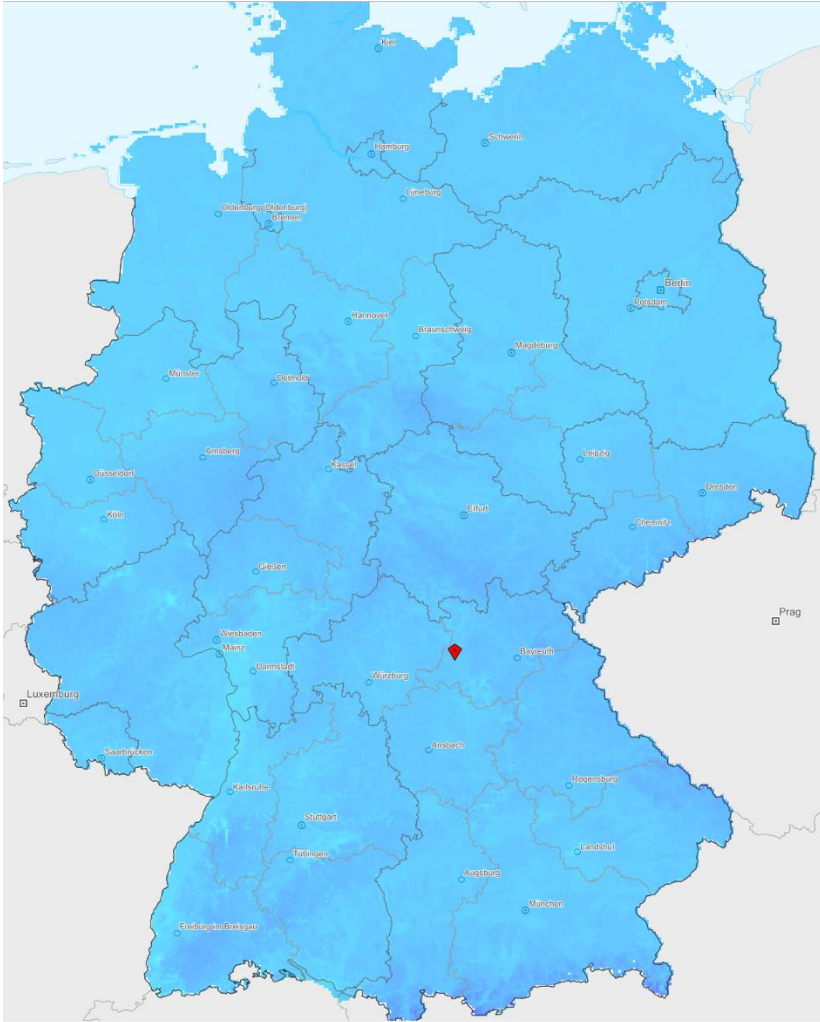
Modell-Nachbereitung

- Modellvalidierung
- Projektion auf geologische Ebene
- Datenkonvertierung im Binärformat
- 20 km x 20 km Kachel
- Datenbank-Blobs
- Export nach GeotIS

Darstellung



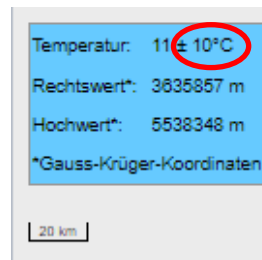
Arbeiten im Projekt WärmeGut



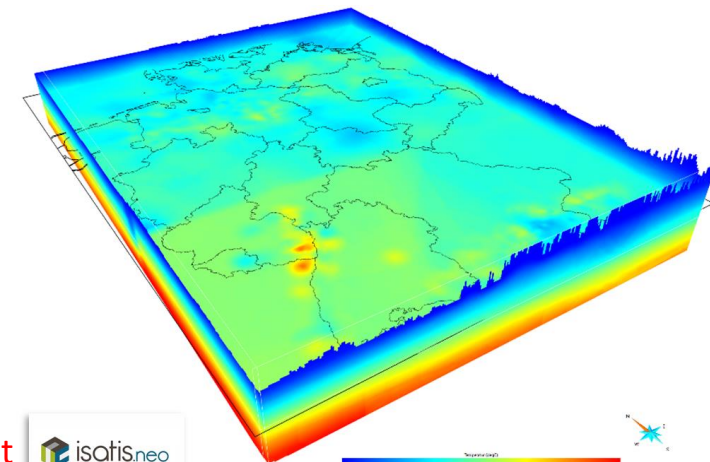
- Verbesserung des Temperaturmodells insbesondere für die ONG (Oberflächennahe Geothermie)



50 m unter GOK



Große Variabilität der Daten



Agemar et al., 2012

Arbeiten im Projekt WärmeGut

- Erweiterung der Temperaturdatenbasis im FIS-GP besonders relevant für oberflächennahe Geothermie (ONG bis 400 m u. GOK)



Temperaturkarte bis -100 m NHN

Thermische Potentialkarte aus 7000 GW-Beobachtungsmessstellen

Erhebung zusätzlicher Daten

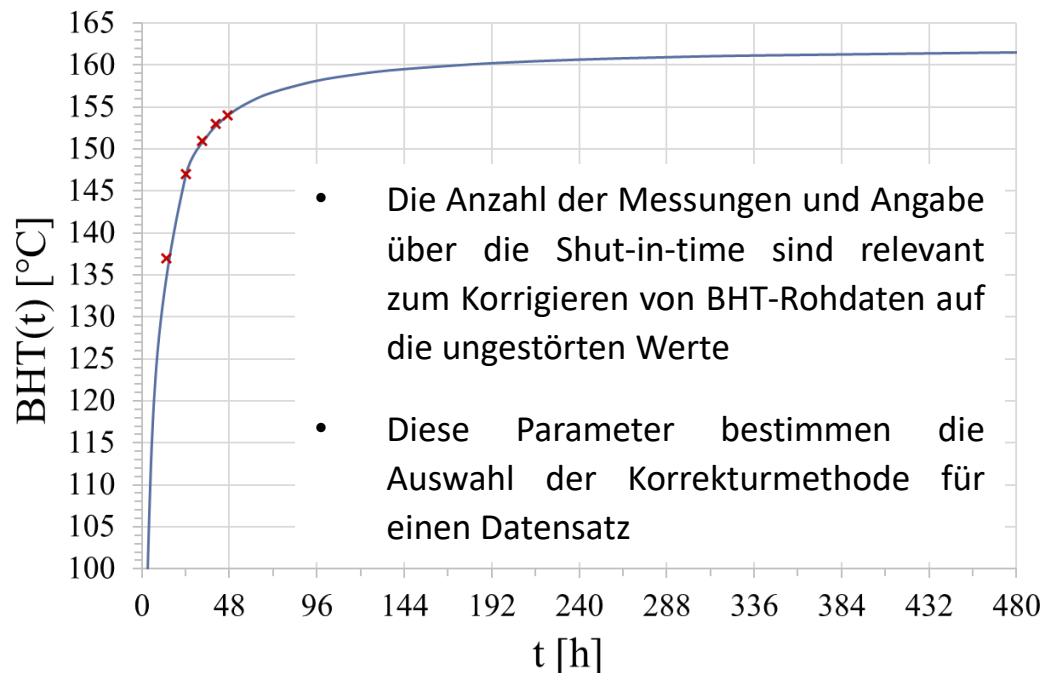
- Bohrungen, Bergwerke, TRT Messungen
- Bodentemperaturkarte
- Grundwassermessstellen
- Urbane Wärmeinsel-Karten

Datenquellen

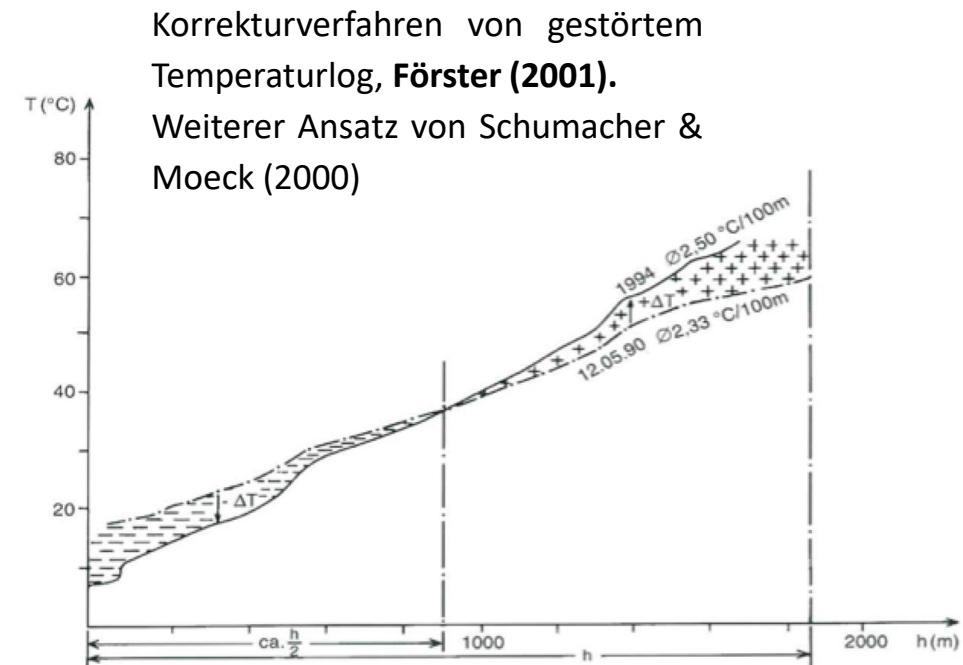
- BGR und Länderdatenbank
- Wasserbehörde und Tiefbauämter
- Universitäten und Forschungsinstitutionen
- Online Länderportale
- Unternehmen und Stadtwerke

Arbeiten im Projekt WärmeGut

- Datenqualität: Analyse, Bewertung und Auswahl von Messdaten
- Verbesserung der Datenqualität: optimierte und neu entwickelte Temperaturkorrekturverfahren



Agemar et al., 2020

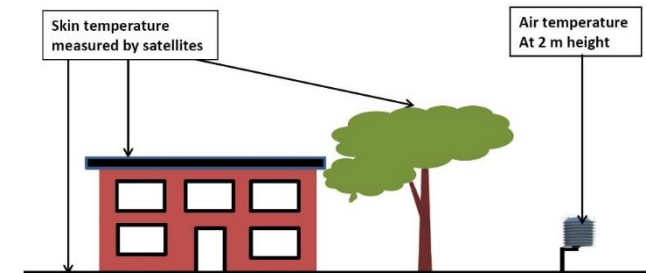


Arbeiten im Projekt WärmeGut

- Harmonisierung und Validierung von Temperaturgeodaten aus unterschiedlichen Jahren und Jahreszeiten:
 - Beispiel von der Temperaturverteilung an der Erdoberfläche für ganz Deutschland: Randbedingung zur Modellierung der Untergrundtemperatur

Satellitenbasierte Oberflächentemperaturdaten

- Monatlicher und jährlicher Durchschnitt von Temperaturdaten aus den Jahren 1984 bis 2022
- Größere räumliche Abdeckung im Vergleich zu Daten von Wetterstationen
- Verbesserung der Genauigkeit durch statistische Interpolation und Co-Kriging

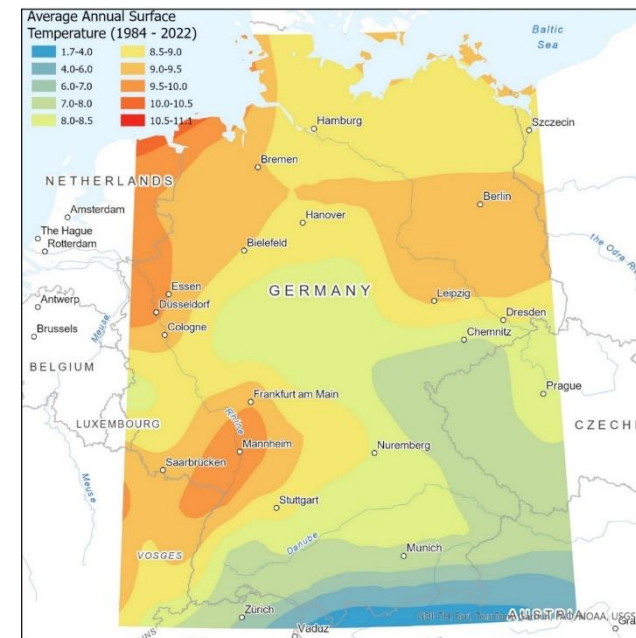


```
-BEGIN HEADER-
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/1984 through 12/31/2022
Location: Regional
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = na meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
TS MERRA-2 Earth Skin Temperature (C)
-END HEADER-
PARAMETER YEAR LAT LON JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
TS 1984 47.25 10.25 -8.87 -10.97 -7.21 -1.52 4.66 9.43 11.87 11.45 6.78 4.46 0.17 -6.92 1.15
TS 1984 47.25 10.75 -9.68 -11.3 -7.92 -2.01 4.16 8.77 11.11 10.66 6.21 3.93 -0.54 -7.42 0.53
TS 1984 47.25 11.25 -9.46 -10.56 -7.16 -1.49 4.34 8.91 11.23 10.67 6.54 4.15 -0.47 -6.75 0.86
TS 1984 47.25 11.75 -9.49 -10.45 -6.67 -1.11 4.76 9.19 11.44 10.9 6.96 4.29 -0.37 -6.62 1.11
TS 1984 47.25 12.25 -9.62 -10.45 -6.6 -1.49 4.82 9.14 11.34 10.84 7.04 4.28 -0.4 -6.85 1.04
TS 1984 47.25 12.75 -9.51 -10.21 -6.32 -1.39 5.01 9.24 11.41 10.97 7.24 4.4 -0.35 -6.8 1.17
TS 1984 47.25 13.25 -8.99 -9.67 -5.8 -0.55 5.4 9.52 11.69 11.34 7.62 4.67 -0.21 -6.29 1.59
TS 1984 47.25 13.75 -8.09 -9.06 -5.62 0.33 5.65 9.61 11.76 11.52 7.83 4.86 -0.17 -5.54 1.96
TS 1984 47.25 14.25 -6.91 -7.89 -4.39 1.48 6.59 10.5 12.64 12.43 8.82 5.66 0.32 -4.16 2.96
TS 1984 47.25 14.75 -5.89 -6.58 -3.05 2.58 7.68 11.67 13.78 13.58 10.06 6.58 0.75 -3.26 4.03
TS 1984 47.25 6.25 -1.08 -1.62 1.44 6.68 9.28 14.4 17.23 17.49 12.33 9.05 5.79 0.62 7.66
TS 1984 47.25 6.75 -1.79 -2.51 0.97 6.16 8.98 14.14 16.96 16.71 11.87 8.66 5.06 -0.02 7.13
TS 1984 47.25 7.25 -2.2 -3.14 0.77 5.89 8.93 14.11 16.85 16.26 11.65 8.37 4.56 -0.6 6.82
TS 1984 47.25 7.75 -2.68 -3.91 0.34 5.56 8.89 14.08 16.72 15.97 11.43 8.13 4.15 -1.76 6.48
```


Arbeiten im Projekt WärmeGut

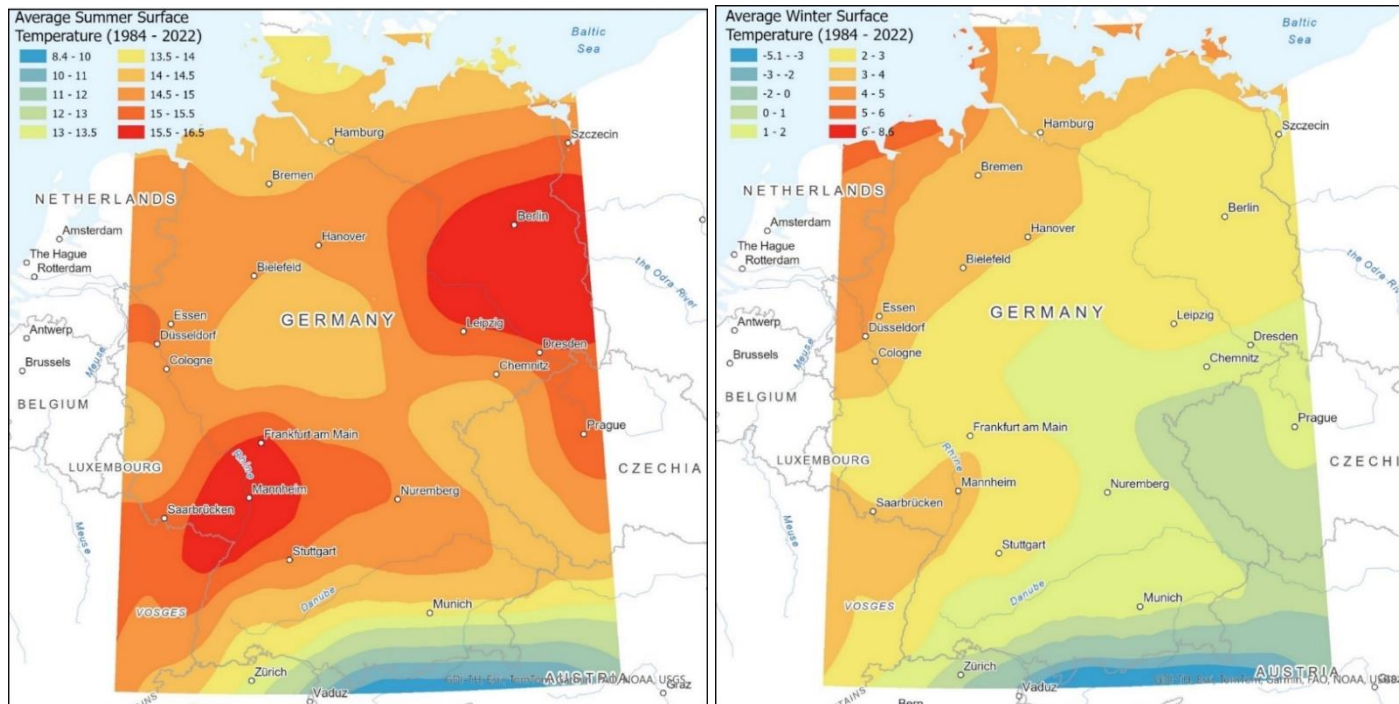
- Harmonisierung und Validierung von Temperaturgeodaten aus unterschiedlichen Jahren und Jahreszeiten:
 - Beispiel von der Temperaturverteilung an der Erdoberfläche für ganz Deutschland: Randbedingung zur Modellierung der Untergrundtemperatur

- Jährlicher Durchschnitt von Temperaturdaten aus den Jahren 1984 bis 2022
- MERRA-2 Datensatz mit räumlicher Auflösung 0.5 x 0.625 Grad lat/lon (50 km) und 3 Stunden zeitlicher Auflösung
- Temperaturmodell aus monatlichem Durchschnitt
- Ordinary Kriging Interpolation



Arbeiten im Projekt WärmeGut

- Harmonisierung und Validierung von Temperaturgeodaten aus unterschiedlichen Jahren und Jahreszeiten:
 - Beispiel von der Temperaturverteilung an der Erdoberfläche für ganz Deutschland: Randbedingung zur Modellierung der Untergrundtemperatur



- Bei Betrachtung einer spezifischen Region ist die Abweichung noch ausgeprägter.
- Z.B. Berlin: Unterschied zwischen Sommer und Winter beträgt ungefähr 13°C
- Im Vergleich zum jährlichen Durchschnitt: + 5,4°C (Sommer) und – 2,6°C (Winter)

Schwierigkeiten:

- Sehr variable Bedingungen: Oberflächentopographie, Umwelt und Bodengeologie
- Hoher Einfluss von Niederschlag und Grundwasserzirkulation

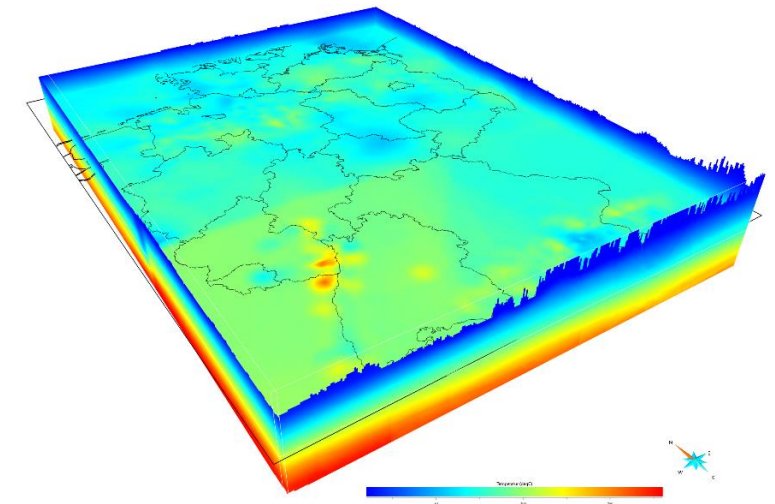
Mögliche Ansätze

- Hochauflösendes Oberflächentemperaturmodell aus anderen Satellitendaten und Co-Kriging mit Datensätzen von Wetterstationen
- Vergleich von Zeitreihen der Bodentemperaturverteilung ermöglicht eine Validierung der Annahme von 13 m tiefer, homogener, vertikaler Temperaturverteilung und eine Harmonisierung von Datensätzen aus unterschiedlichen Quellen, Jahreszeiten und Jahren
- Berücksichtigung der Klimazonen in Deutschland wie vom Deutschen Wetterdienst angegeben zur Erstellung einer nutzbaren abgeschätzten oberflächennahen Temperaturverteilung

Arbeiten im Projekt WärmeGut

Geostatistische Modellierung durch Anwendung des **Kriging-Verfahrens**

1. Kriging bietet die beste und unverzerrte lineare Interpolation (2D or 3D) durch die Minimierung der Schätzfehlervarianz bekannt als Kriging-Varianz
2. Kriging berücksichtigt die räumliche Varianz, die sich mit Hilfe der Semivariogramme ermitteln lässt
3. Kriging kann Trends in Daten berücksichtigen (Universal Kriging)
4. Kriging kann Daten declustern, wodurch Eingabedaten ausgeglichen werden, z.B. Daten aus dem tiefen und dem oberflächennahen Bereich
5. Kriging kann Datenunsicherheiten/Messfehler berücksichtigen
6. Kriging-Varianz liefert eine Unsicherheitsabschätzung der Interpolation



Arbeiten im Projekt WärmeGut

- Arbeitskreis Temperaturfeld Modellierung (Wissenschaftler aus LIAG + Wiss. Mitarbeiter der SDG)
 1. Digitalisierung analoger Daten und Zusammenführung aller Daten im FIS-GP (Freigabe für alle Mitarbeiter)
 2. Deutschlandweit einheitliche Analyse-, Bewertungs- und Auswahlverfahren von Temperaturdaten
 3. Harmonisierung und Vergleichbarkeit unterschiedlich erhobener Messdaten
 4. Festlegung des Ablaufes von Korrekturverfahren und Modellparametrisierung
 5. Modellierungsarbeit

Danke für Ihre
Aufmerksamkeit



WärmeGut



Landesamt für Umwelt-
und Arbeitsschutz

SAARLAND



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

