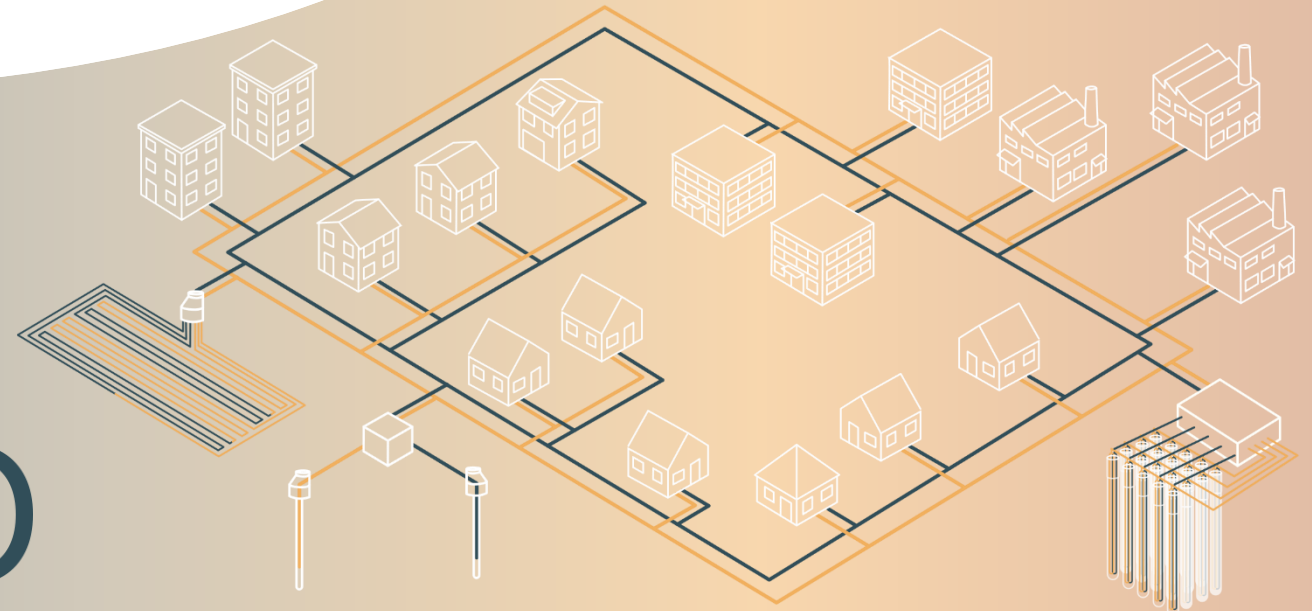


Potential der oberflächennahen Geothermie für die Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze

Planerische Ansätze zur flächenbezogenen Potentialermittlung



GEO ALTO



Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg

Dokumentation

12/2022



Erweiterter Ansatz nach Miodic & Krecher (2022)

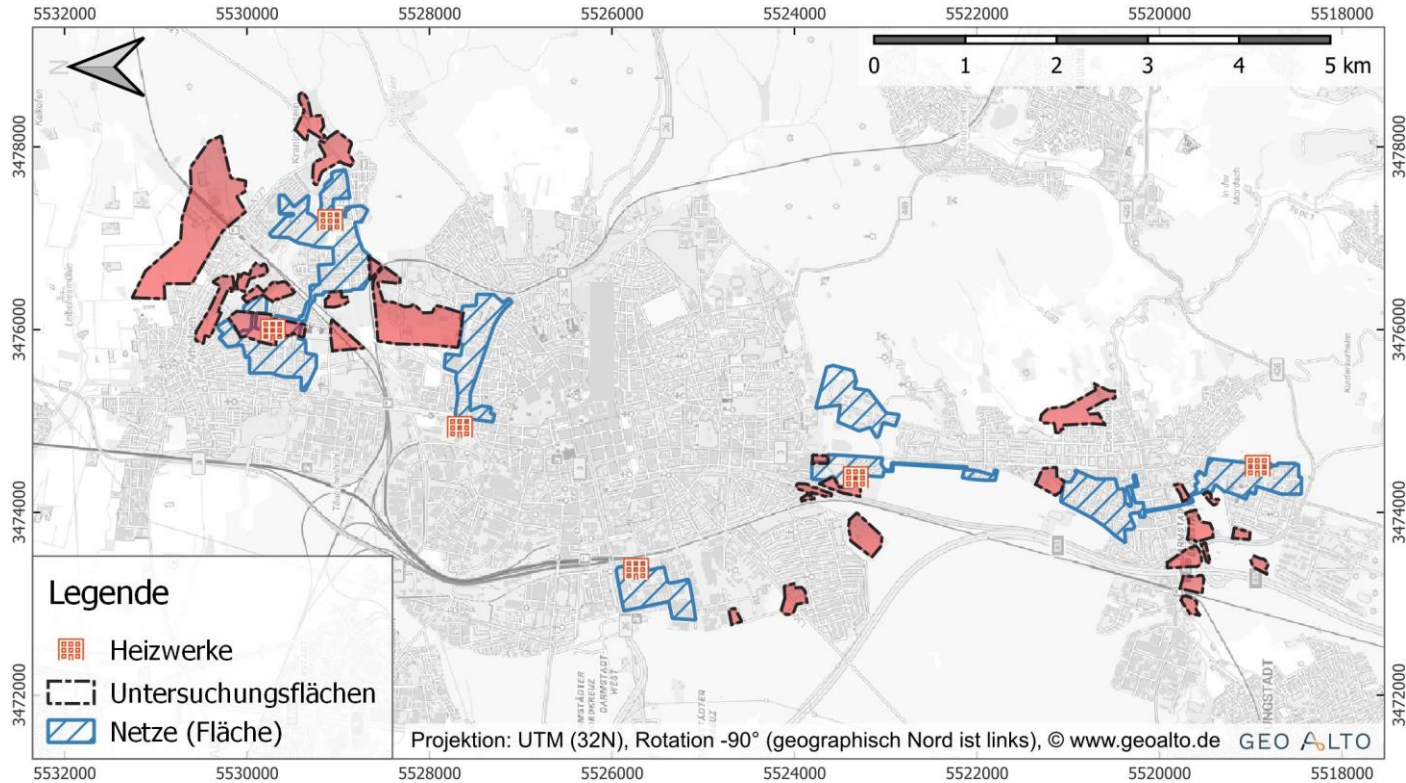
(Universität Groningen, Universität Freiburg, bnNetze GmbH)

- Ausschließlich Flächen der Bezeichnung "Wohnbau-fläche" oder "Fläche gemischter Nutzung" bewertet.
- Szenario „nur Heizen“ (d.h. keine Wärmerückführung)
- COP konstant (4,5) / Jahresvolllaststunden 1.800 h/a
- Ergebnis als absolute oder spezifische Entzugsleistung und entzogene Energie im Winterhalbjahr
→ gemittelte Werte als flächendeckendes Raster

Bewertung: Die Methodik zielt auf das Potential für Einzelanlagen im Wohnungsbau / Objektbau. Zur Ableitung von Potentialen für Großanlagen, Wärmenetze oder Heizzentralen wird das Potential unterschätzt, v.a. aufgrund der folgenden Möglichkeiten bei Industrieller Nutzung:

- 1) Erschließung von Flächen außerhalb von Siedlungen oder Grünflächen.
- 2) Höhere Auslastung der Anlage (→ mehr als 1.800 h/a).
- 3) Wärmerückführung erhöht das Potential im Winterhalbjahr deutlich.

Anlass → flächenbezogenes Potential ?



Ein Energieversorger in Hessen erstellt eine Studie zur Dekarbonisierungsstrategie der Fernwärmeversorgung.

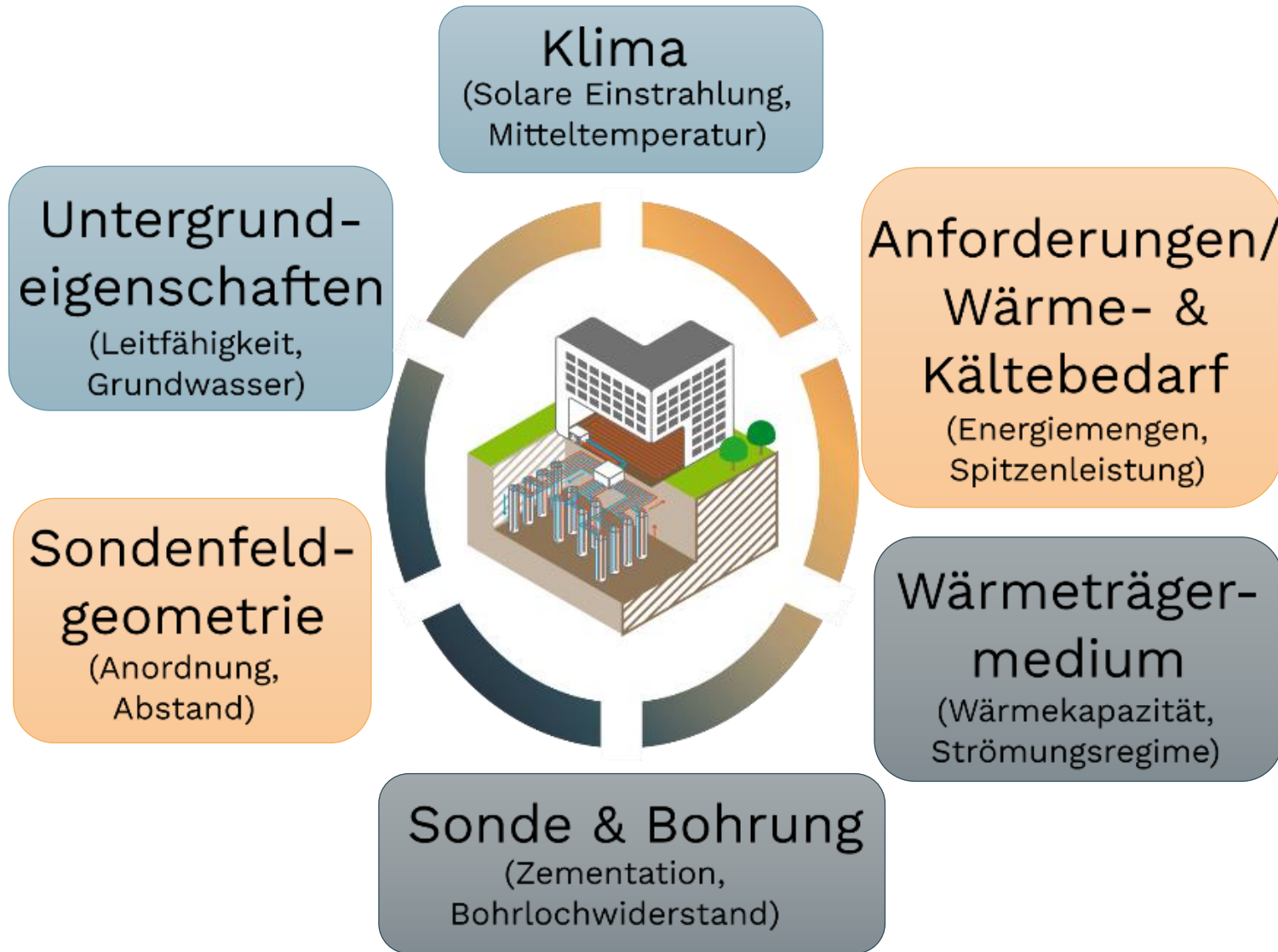
Ein Teilaspekt der Gesamtstudie ist die Bewertung des Potentials der oberflächen-nahen Geothermie.

Anhand des Flächennutzungsplans wurden verschiedene Flächen identifiziert, auf denen zukünftig Erdwärmesondenanlagen errichtet werden könnten.

→ **Untersuchte Gesamtfläche ca. 300 ha**

- Welche Flächen sind bevorzugt zur Erschließung mit Erdwärmesonden geeignet?
- Welche Leistung und Jahresenergiemenge kann einem gegebenen Sondenfeld langfristig entzogen werden?
- Welche Kosten sind zur Erschließung und zum Betrieb anzusetzen?

Zur Verwertung in Szenariospielen für den übergeordneten Transformationsplan sind Potentiale und Kosten als skalierbare, flächenbezogene Angaben notwendig, z.B. in MWh/(a·m²) und €/m².



Klima & Untergrundeigenschaften:
*Standortbezogen ermittelt und berücksichtigt
(nicht beeinflussbar)*

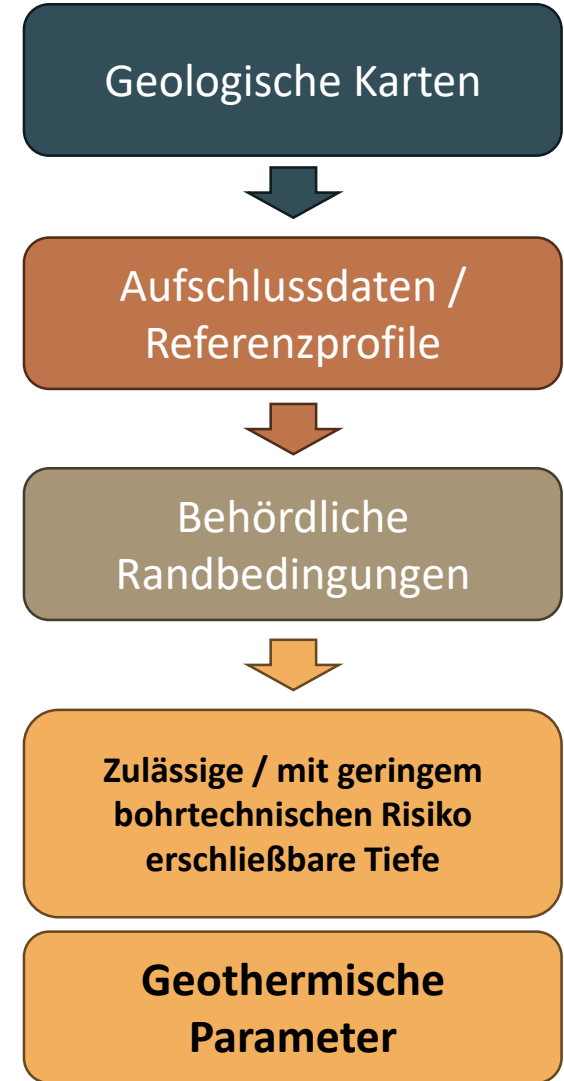
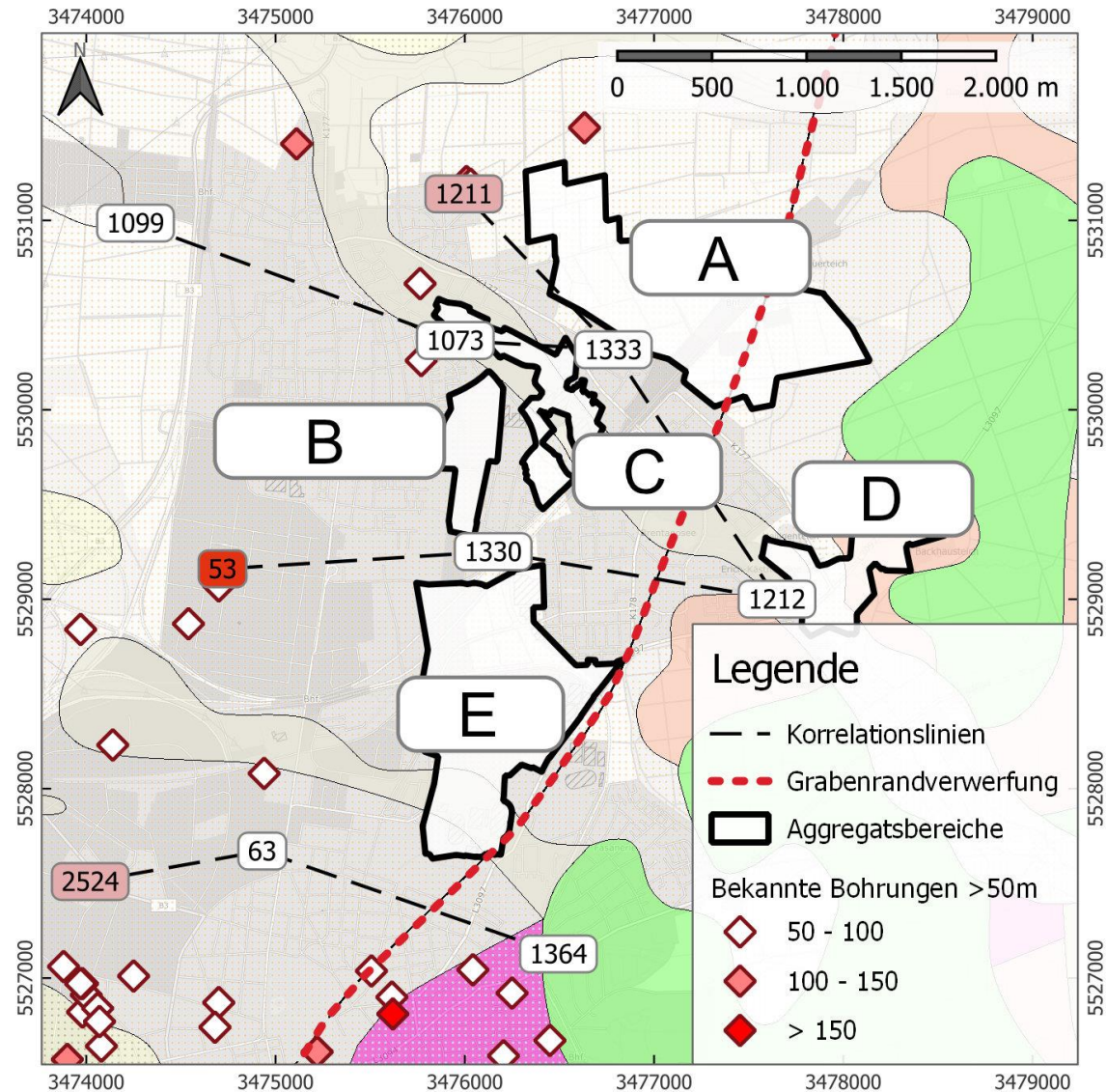
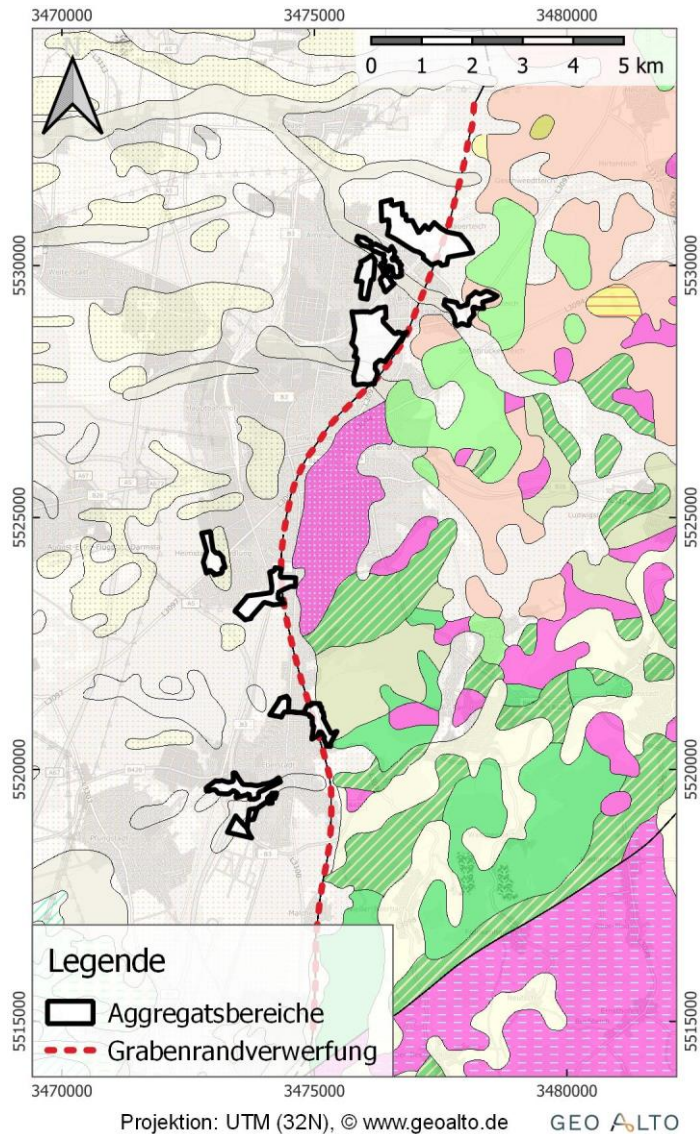
Sonde, Bohrung & Medium:
*Aus praxisüblichen Werten abgeleitet
(Einfluss gering, unabhängig optimierbar)*

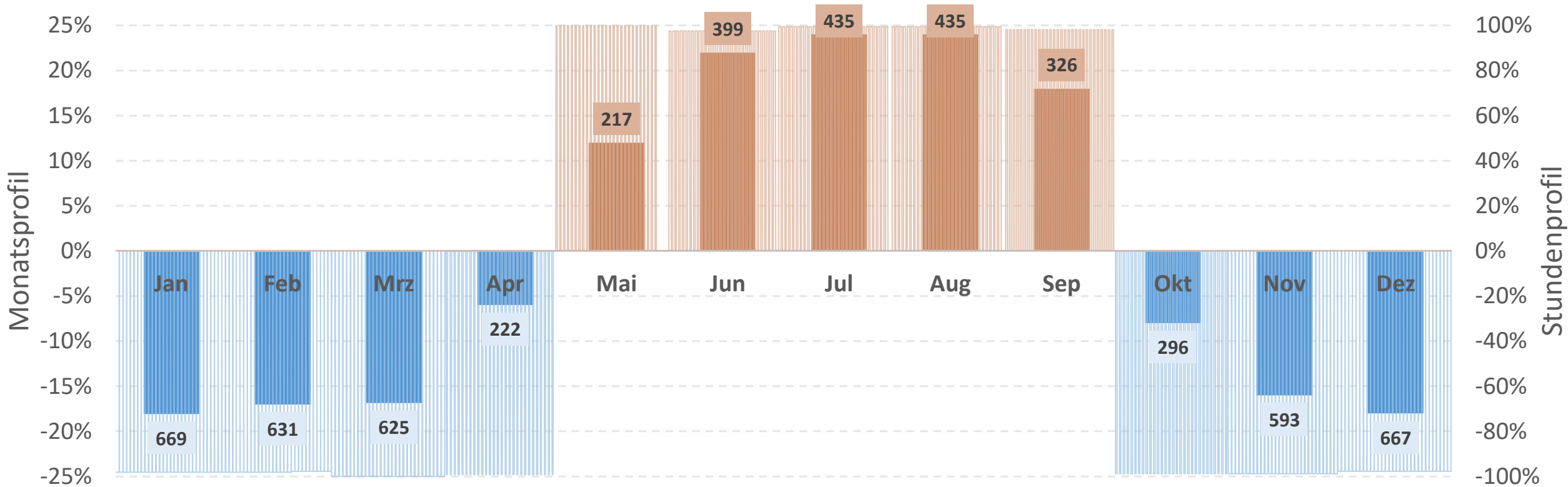
FG → Sondenfeldgeometrie:

- **Sondenabstand je Szenario optimiert und fixiert.**
- **Sondentiefe Standortbezogen festgelegt.**

FG → Bewirtschaftung:

- **Lastprofil für Heizzentralen angepasst und fixiert.**
- **Laufzeit für maximalen Ertrag optimiert**
- **Anteil Wärmerückführung in drei Szenarien betrachtet**



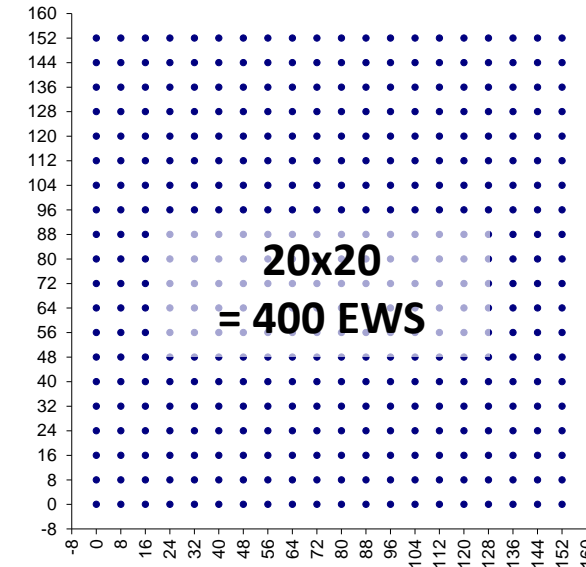


Angestrebt wird ein Lastprofil mit mindestens 3.000 Vollbenutzungsstunden für Wärmeentzug und (in den Szenarien mit Wärmerückführung) mindestens 1.800 Vollbenutzungsstunden für Wärmeeintrag.

Das Eingangslastprofil ist als sinnvolle Vorgabe aktiver und inaktiver Betriebsstunden zu verstehen um einen plausiblen Betrieb der Wärmepumpen als Grundlastsockel für ein Wärmenetz abzubilden. Die Begrenzung der Entzugsleistung wird im Rahmen der hier durchgeführten Simulationen durch das thermische Potential des Untergrundes vorgegeben und nicht durch eine vorgegebene Lastanforderung.

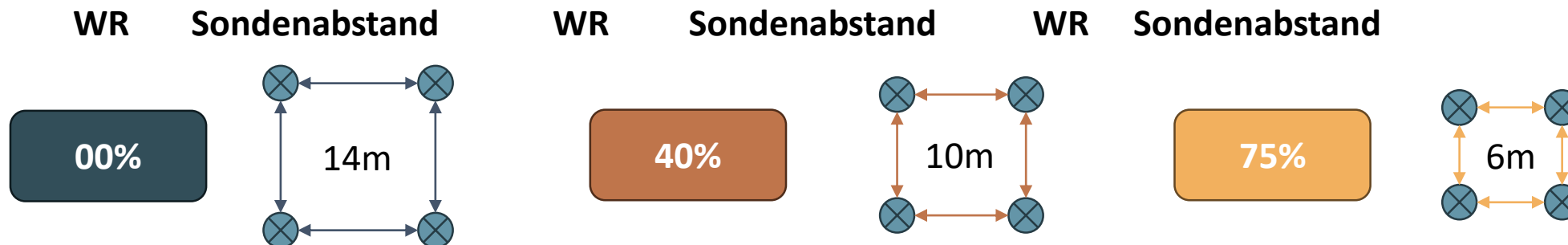
Maximale Erschließung = gleichmäßiges Sondenraster → Referenzanordnung
 → Wesentlicher Freiheitsgrad ist dann der Sondenabstand!

Sondenabstand	+ Größer	- Kleiner
Erschlossenes thermisches Reservoir	+	-
Gegenseitige Beeinflussung der Einzelsonden	-	+
Anschlusskosten Horizontal (€)	+	-
Flächenbedarf insgesamt (€)	+	-



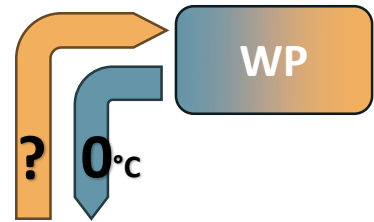
Bei größerem Sondenabstand steigen die Kosten UND das zu erwartende thermische Potential. Die Kosten steigen annähernd linear, die gegenseitige Beeinflussung geht asymptotisch gegen null. Es ist ein wirtschaftlich optimaler Sondenabstand zu erwarten.

→ Die gegenseitige Beeinflussung ist jedoch neben dem Abstand auch unmittelbar abhängig von der Wärmerückführung!

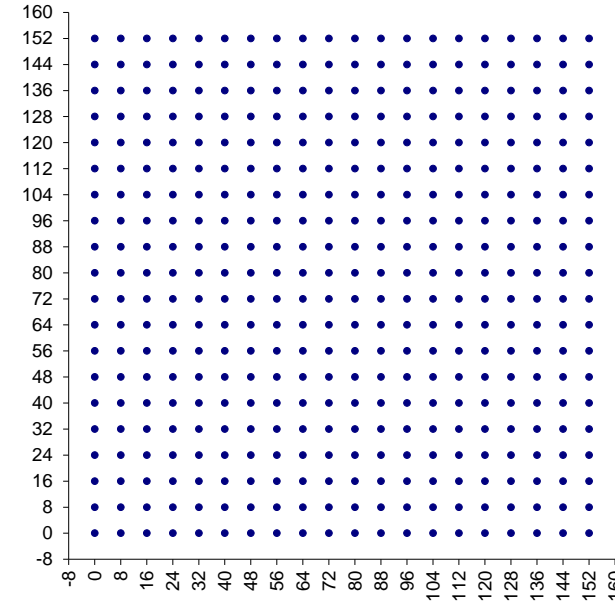


Thermisch Simuliert wird eine Referenzanordnung aus 400 Erdwärmesonden (20x20), deren Ertrag (kWh entzogene Wärme) über 25 Jahre Betrieb auf die erforderliche Fläche (m²) umgelegt wird.

→ Ermittlung eines flächenspezifischen Potentials in kWh/(m²·a) zur Skalierung auf beliebig große Flächen (Randeffekte werden vernachlässigt)



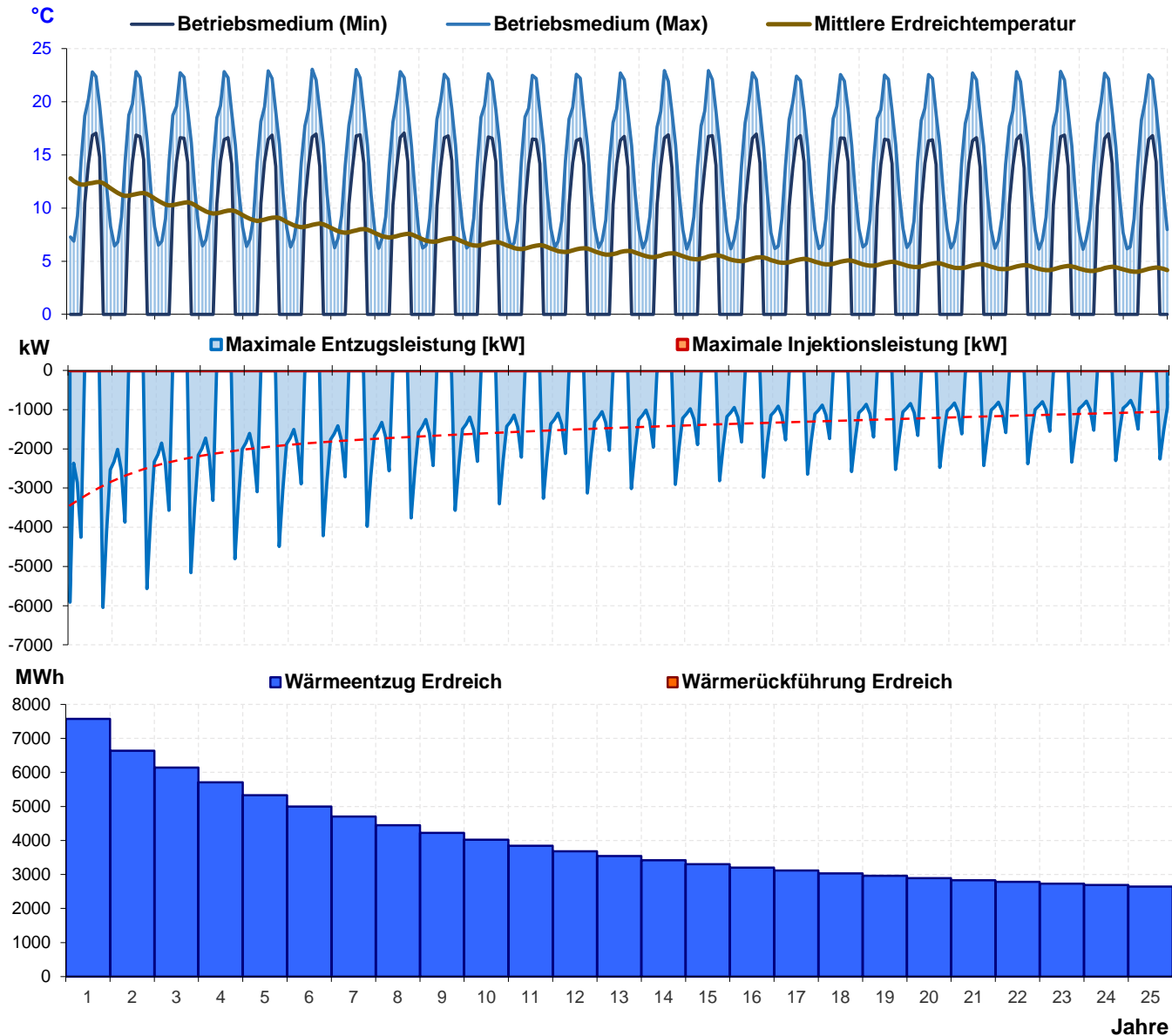
Im Modell wird nicht (wie sonst üblich) eine feste Entzugs-leistung vorgegeben, sondern ein konstanter Sondeneintritt von 0°C angenommen. D.h. jederzeit wird die maximale Leistung bis zur Temperaturgrenze entzogen.



Das thermische Potential wird als Mittelwert über **25 Jahre Betrieb** ermittelt. Die gewinnbare Wärme-menge in den frühen Betriebsjahren ist dabei deutlich höher als der langfristige Wert nach Erreichen eines thermodynamischen Gleichgewichtszustandes!

Das thermische Potential (über 25 Jahre) wird stets für drei Szenarien bei optimiertem Sondenabstand berechnet:

Szenario	Wärmerückführung	Sondenabstand
Worst-Case	00 %	14 m
Medium-Case	40 %	10 m
Best-Case	75 %	6 m



00% WR	Sondenabstand	14m (20x20 EWS)
	Flächenbedarf	78.400 m ²
	Gesamtertrag (25a)	100.458.100 kWh
	Thermisches Potential	51,3 kWh/(m²·a)

40% WR	Sondenabstand	10m (20x20 EWS)
	Flächenbedarf	40.000 m ²
	Gesamtertrag (25a)	100.571.500 kWh
	Thermisches Potential	100,6 kWh/(m²·a)

75% WR	Sondenabstand	6m (20x20 EWS)
	Flächenbedarf	14.400 m ²
	Gesamtertrag (25a)	107.958.600 kWh
	Thermisches Potential	299,9 kWh/(m²·a)

Ableitung eines qualitativen Attraktivitätsindexes für Flächen anhand folgender Bewertungskriterien:

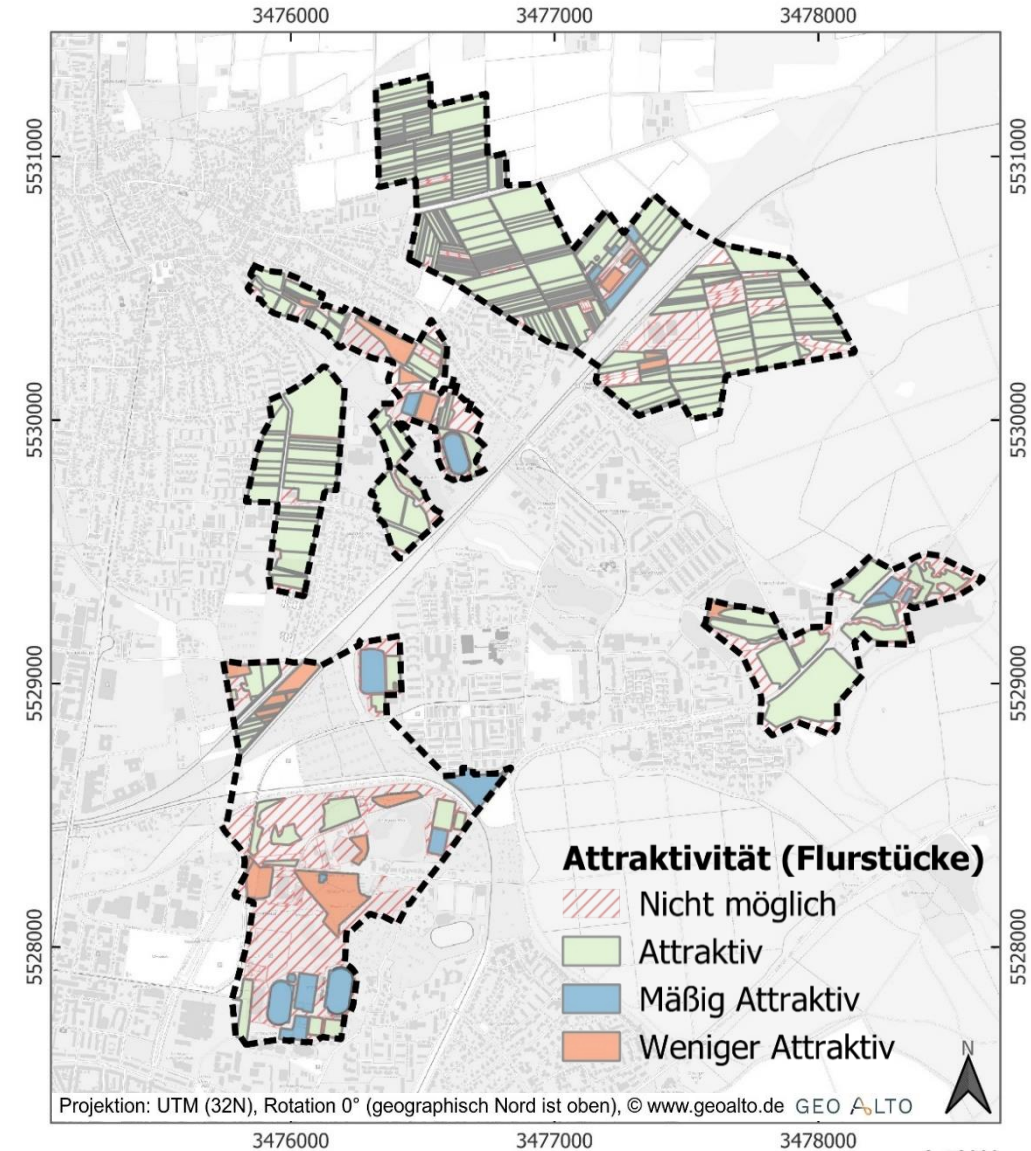
Rechtliche Randbedingungen & Einflussfaktoren

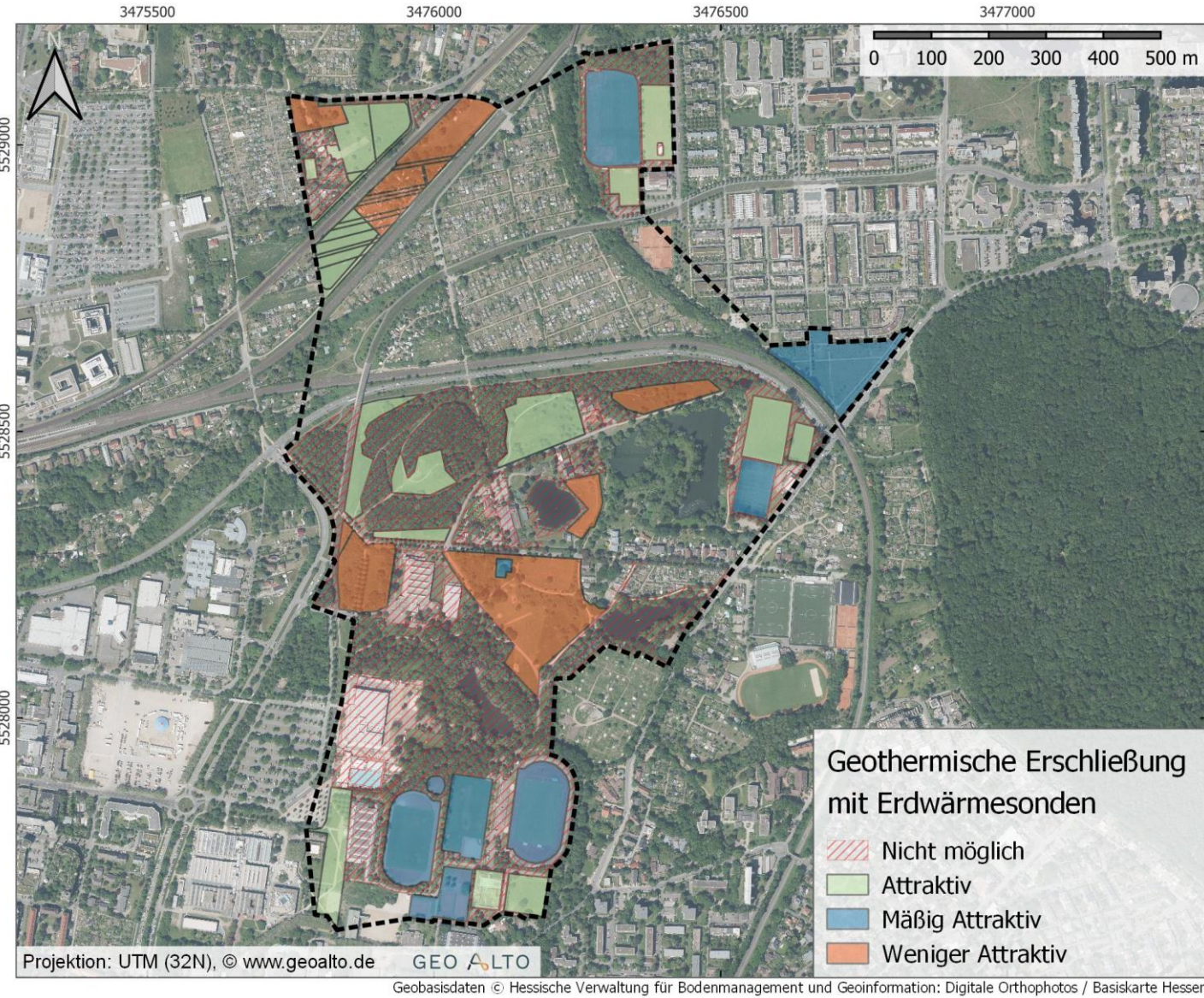
- Hydrogeologische & wasserwirtschaftliche Faktoren (inkl. Wasserschutzgebiete)
- Naturschutzgebiete
- Altflächen
- Bergrechtliche Konzessionen

Aktuelle Landnutzung & Erschließungsaufwand

- Ausschluss bewaldeter & besiedelter Flächen sowie Infrastrukturflächen
- Abwertung von z.B. angelegten Parks, Sportflächen oder befestigten Flächen

Qualitative Gruppierung aller Flächen in die Kategorien:



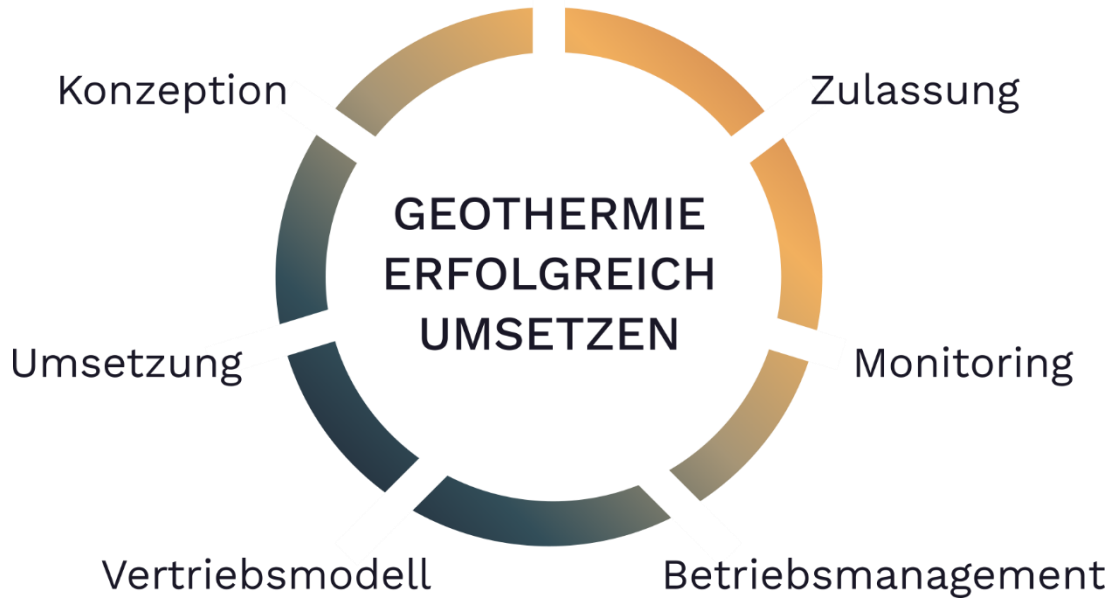


Thermisches Potential in [MWh/a] über 25a	00% WR	40% WR	75% WR
Spez. Potential [kWh/(m ² ·a)]	41,0	81,7	244,0
Attraktiv (88.357 m²)	3.621	7.217	21.558
Mäßig attraktiv (84.145 m²)	3.448	6.873	20.530
Weniger attraktiv (79.150 m²)	3.243	6.465	19.312
Gesamt (251.652 m²)	10.312	20.556	61.400

Erschließungstiefe	90 m
Maximale Tiefe	130 m
Erkundungsbedarf	Ab 90m Tiefe
Georisiken	Altflächen benachbart

Prognose Erschließungskosten	00% WR	40% WR	75% WR
	€/m ²	€/m ²	€/m ²
Attraktiv (88.357 m²)	A1	B1	C1
Mäßig attraktiv (84.145 m²)	A2	B2	C2
Weniger attraktiv (79.150 m²)	A3	B3	C3

Standorteignung



Kontakt:

GeoAlto GmbH

Weilerstraße 2

72108 Rottenburg am Neckar

+49 7472 16695-80

info@geoalto.de

www.geoalto.de

Herzlichen Dank!

GEO ALTO

