

Datenbasierte Analysemethodik zur Ermittlung von Potenzialgebieten für zentrale Wärmequellen

Autoren: **Paul Maximilian Röhrig**

Jennifer Elayne Büter

Julius Zocher

Steffen Kortmann

Andreas Ulbig, Dr. Sc.

Agenda

Einleitung

Analyse

Modellierung

Exemplarische Ergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Agenda

▶ Einleitung

Analyse

Modellierung

Exemplarische Ergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Einleitung

Motivation

Wärmewende

- Kosteneffiziente Transformation der kommunalen Wärmeversorgung zur Klimaneutralität
- Anforderungen aus aktuellen Gesetzgebungen wie dem Wärmeplanungsgesetz

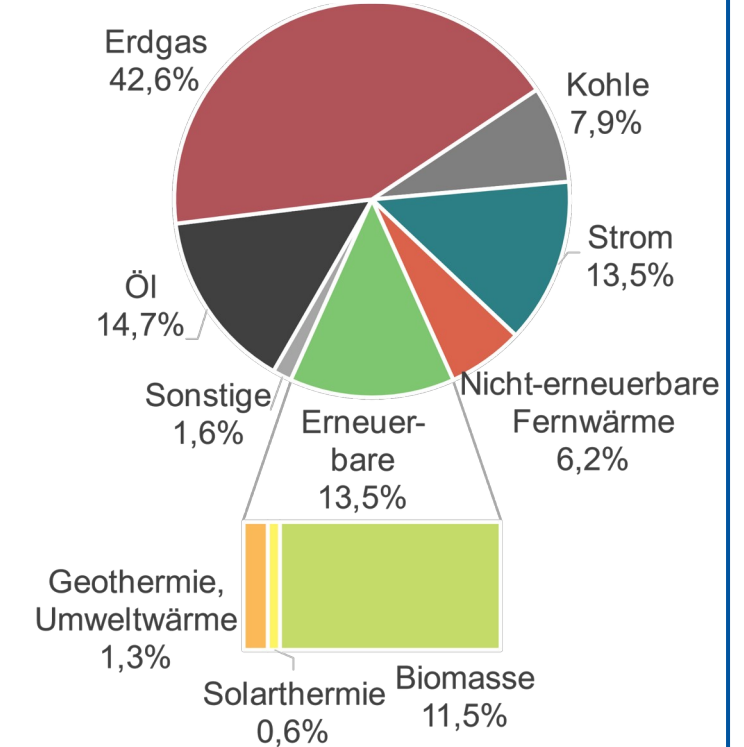
Herausforderungen

- Datengetriebene, skalierbare Planung auf Basis öffentlicher Daten
- Potenziale erneuerbarer Wärmequellen regions- und strukturspezifisch
- Heterogene Kosten der Wärmequellen in Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten

Lösungen

- Dekarbonisierung unter anderem durch eine zentrale Wärmeversorgung mit Wärmenetzen, insbesondere bei baulichen Restriktionen der Gebäude, notwendig
- Georeferenzierte Potenzialanalyse erneuerbarer Wärmequellen zur Bewertung potenzieller Wärmenetzes

Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte 2020 [1]



[1]: Agentur für Erneuerbare Energien, 2023

Wie können Potenziale für erneuerbare Wärmequellen georeferenziert identifiziert werden?

Agenda

Einleitung

▶ Analyse

Modellierung

Exemplarische Ergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Kommunaler Wärmeplan ^[2,3]

- Instrument zur Entwicklung einer klimaneutralen Wärmeversorgung (dezentral vs. zentral mit Wärmenetz) auf Gemeindeebene
- Nach der Kabinettsfassung des Wärmeplanungsgesetzes verpflichtend bis 2026 / 2028 je nach Einwohnerzahl

1

Bestandsanalyse

Status-Quo der Wärmeversorgung

2

Potenzialanalyse

Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen und **georeferenzierten Potenzialen erneuerbarer Wärmequellen**

3

Aufstellung Zielszenario

Szenario mit klimaneutraler Wärmeversorgung für 2045

4

Wärmewendestrategie

Transformationspfad zur Erreichung des Zielszenarios

[2]: Kabinettsfassung Wärmeplanungsgesetz, 2023

[3]: KEA Kommunale Wärmeplanung: Handlungsleitfaden, 2020

Potenzialanalyse

Erneuerbare Wärmequellen



(Freiflächen-) Solarthermie:
Nutzung der Sonneneinstrahlung



Oberflächennahe Geothermie ^[4]:
Nutzung der Erdwärme in einer Tiefe < 150 m



Tiefe Geothermie:
Nutzung der Erdwärme in einer Tiefe > 1000 m



Biomasse:
Nutzung der Energie von Brennstoffen biogenen Ursprungs



(Industrielle) Abwärme:
Nutzung der unvermeidbaren Abwärme



(Oberflächen-) Gewässer ^[4]:
Nutzung der Wärme aus Flüssen oder Seen



Umgebungsluft ^[4]:
Nutzung der Wärme der Luft

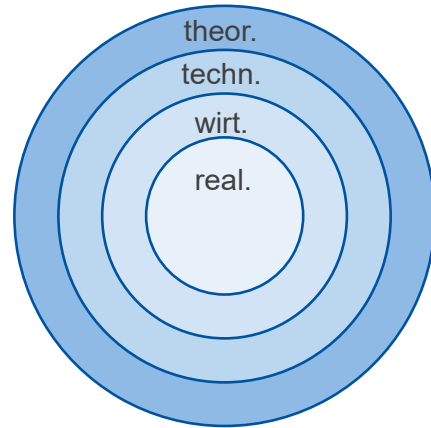
[4]: Erschließung mit Wärmepumpen

Potenzialanalyse ist essentieller Teil der kommunalen Wärmeplanung

Potenzialanalyse

Kategorisierung von Potenzialarten ^[3]

- **Theoretisch:**
Physikalische Obergrenze
- **Technisch:**
Berücksichtigung von unter anderem technischen Einschränkungen
- **Wirtschaftlich:**
Berücksichtigung von Kosten
- **Realisierbar:**
Berücksichtigung weiterer Einschränkungen (z.B. Nutzungskonkurrenz)



Vorgehen

- Unterschiedliche Anforderungen und Kriterien der Potenzialanalyse in Abhängigkeit von der Wärmequelle
- Berücksichtigung von Anforderungen:
 - **Räumlich:** Aktuelle Flächennutzung (z.B. von ALKIS, OSM)
 - **Technisch:** Relevante Normen (z.B. VDI), technische Kenndaten (z.B. aus Studien, TÜV), Mindestgrößen (z.B. aus Studien)
 - **Regulatorisch:** Vorgaben durch Gesetze und Leitfäden auf europäischer, deutscher und bundeslandspezifischer Ebene (z.B. EEG)

[3]: KEA Kommunale Wärmeplanung: Handlungsleitfaden, 2020

Individuelle Anforderungen beeinflussen Nutzungspotenzial der Wärmequellen

Agenda

Einleitung

Analyse

▶ Modellierung

Exemplarische Ergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Modellierung

Überblick

Eingangsdaten



Öffentliche Daten zur Flächennutzung, Gebäuden, Bodenbeschaffenheit etc.



Technologiespezifische Parameter



Georeferenzierter Analysebereich



Versorgungsaufgabe

Potenzialanalyse (modular)



Potenzielle Flächen



Verschneiden mit Schutzgebieten



Anwendung von Auswahlkriterien



Bestimmung des Energie- und Leistungsertrags

Ergebnisse

Vergleich des technischen Potentials verschiedener Wärmequellen im Analysebereich auf Basis von identifizierten Potenzialflächen

Potenzielle Flächen

Verschneiden mit
Schutzgebieten

Anwendung von
Auswahlkriterien

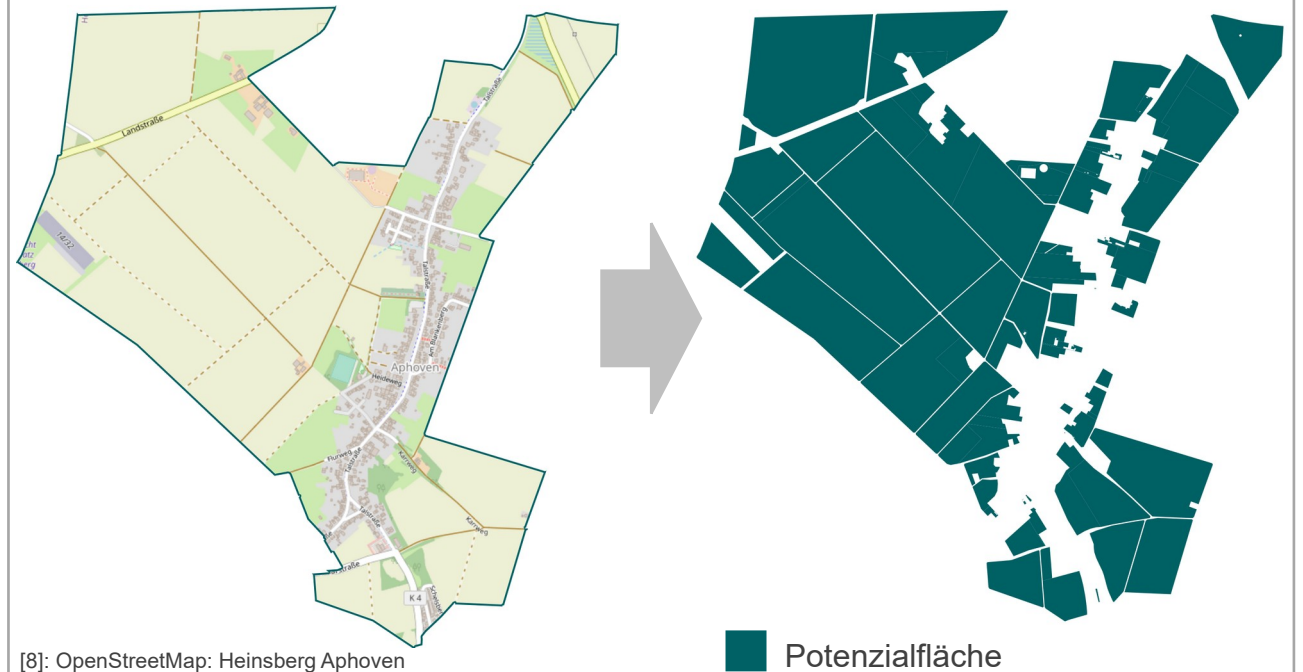
Bestimmung des Energie-
und Leistungsertrags

Vorgehen

- Auf Basis der aktuellen Flächennutzung:
 - Industrie- und Gewerbeflächen
 - Landwirtschaftliche Flächen
 - Heiden
 - Halden
 - Parkplatzflächen
- ➔ Grundsätzlich auf den meisten freien Flächen [7]
- Ausschluss: Gebäude

[7]: Born (Fraunhofer): Roadmap Oberflächennahe Geothermie, 2022

Exemplarische Darstellung [8]



Potenzielle Flächen

Verschneiden mit
Schutzgebieten

Anwendung von
Auswahlkriterien

Bestimmung des Energie-
und Leistungsertrags

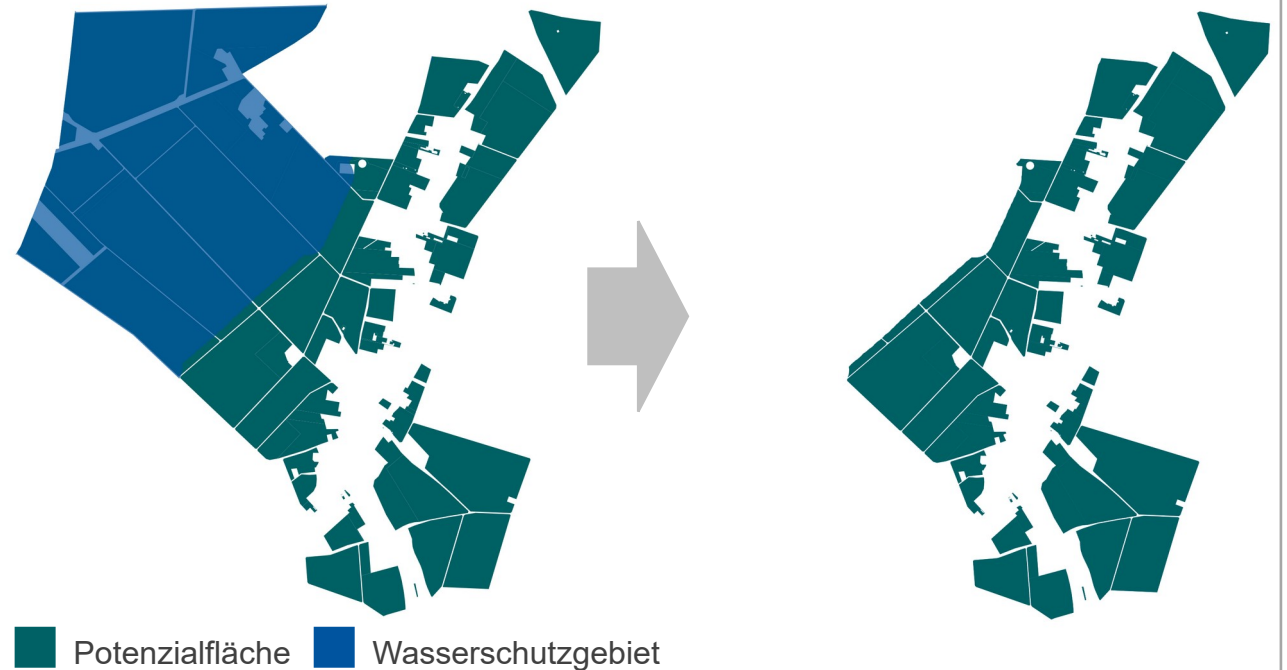
Vorgehen (für Erdwärmesonden)

- Verbot in *Wasserschutzgebieten* aufgrund der möglichen Verunreinigung des Trinkwassers ^[9]
- Begrenzung der Tiefe auf 40 m (ansonsten 100 m) in *hydrogeologisch kritischen Bereichen* ^[10]

[9]: LANUV-Arbeitsblatt 39, 2019

[10]: LANUV-Fachbericht 40, 2015

Exemplarische Darstellung



Potenzielle Flächen

Verschneiden mit
Schutzgebieten

Anwendung von
Auswahlkriterien

Bestimmung des Energie-
und Leistungsertrags

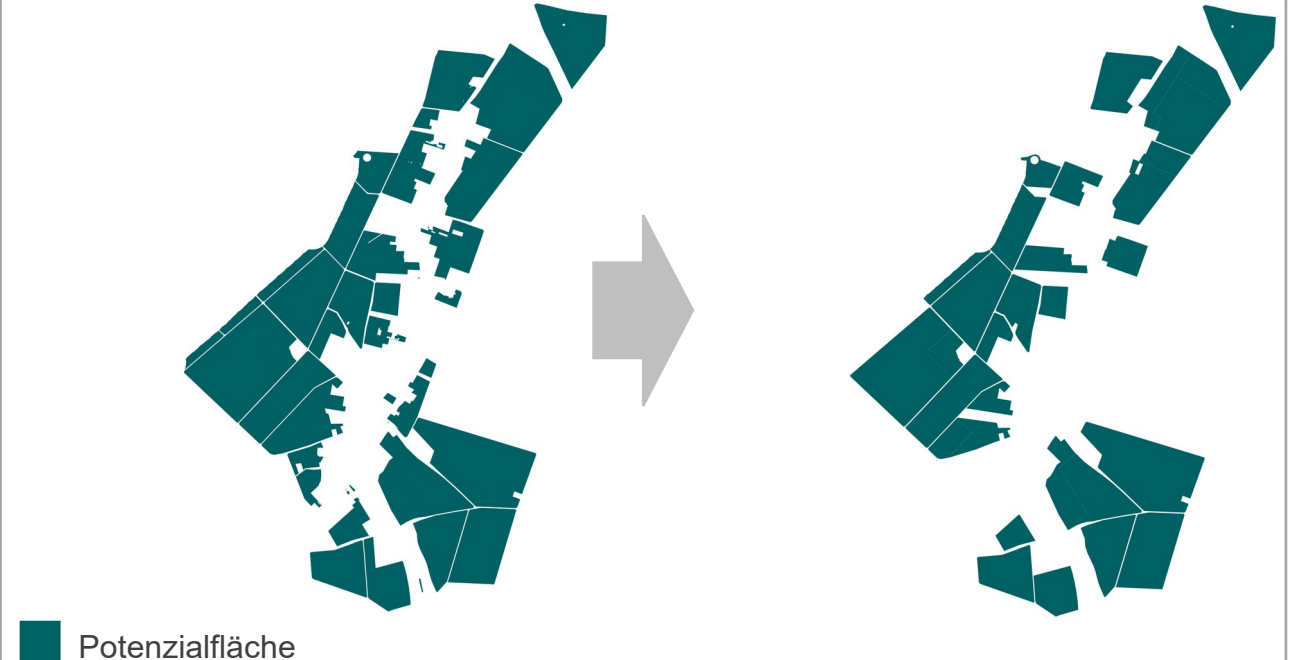
Kriterien (für Erdwärmesonden)

- Mindestleitfähigkeit des Bodens ^[10]
- Platzierung von mindestens 50 Erdwärmesonden möglich ^[11]

[10]: LANUV-Fachbericht 40, 2015

[11]: Eigene Annahme, damit Dimensionierung als zentrale Wärmequelle ausreicht

Exemplarische Darstellung



Potenzielle Flächen

Verschneiden mit Schutzgebieten

Anwendung von Auswahlkriterien

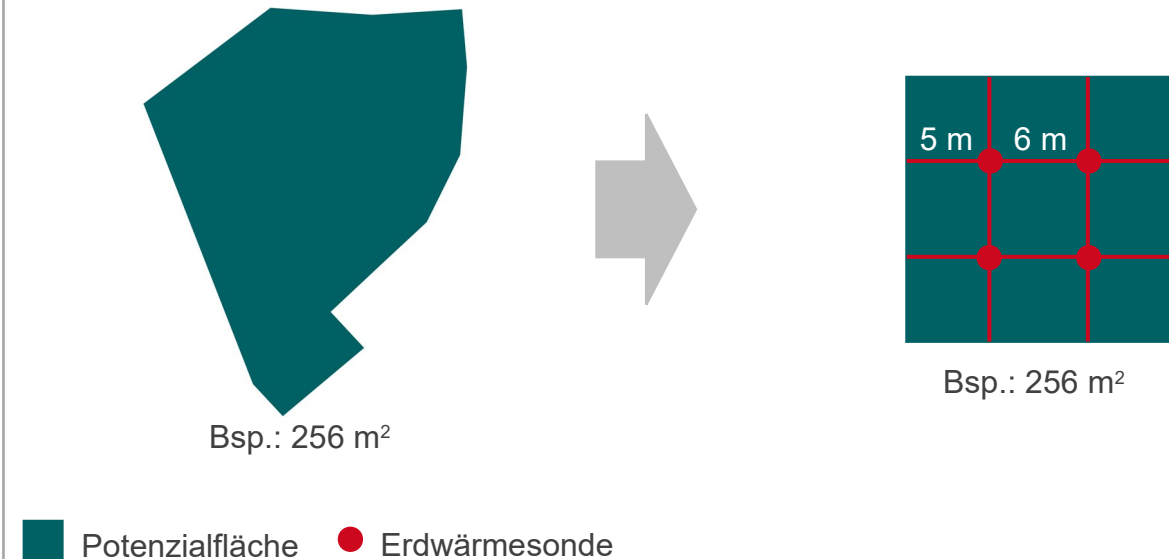
Bestimmung des Energie- und Leistungsertrags

Vorgehen (für Erdwärmesonden)

- Bestimmung der Anzahl der platzierbaren Erdwärmesonden durch Approximation der Fläche als quadratische Fläche mit der gleichen Größe ^[10]
- Berücksichtigung der notwendigen Abstände zwischen den Erdwärmesonden nach VDI 4640 Blatt 1/ 2
 - Abstand von 10 m zu benachbarten Anlagen
 - Abstand von 6 m innerhalb einer Anlage
- Zuordnung der Entzugsleistung mit der Wärmeleitfähigkeit des Bodens auf Basis von VDI 4640 Blatt 2

[10]: LANUV-Fachbericht 40, 2015

Exemplarische Darstellung



Agenda

Einleitung

Analyse

Modellierung

▶ Exemplarische Ergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Exemplarische Ergebnisse

Untersuchungsgegenstand und Untersuchungsrahmen

Gemeinde Heinsberg (NRW)

Grundlegende Daten

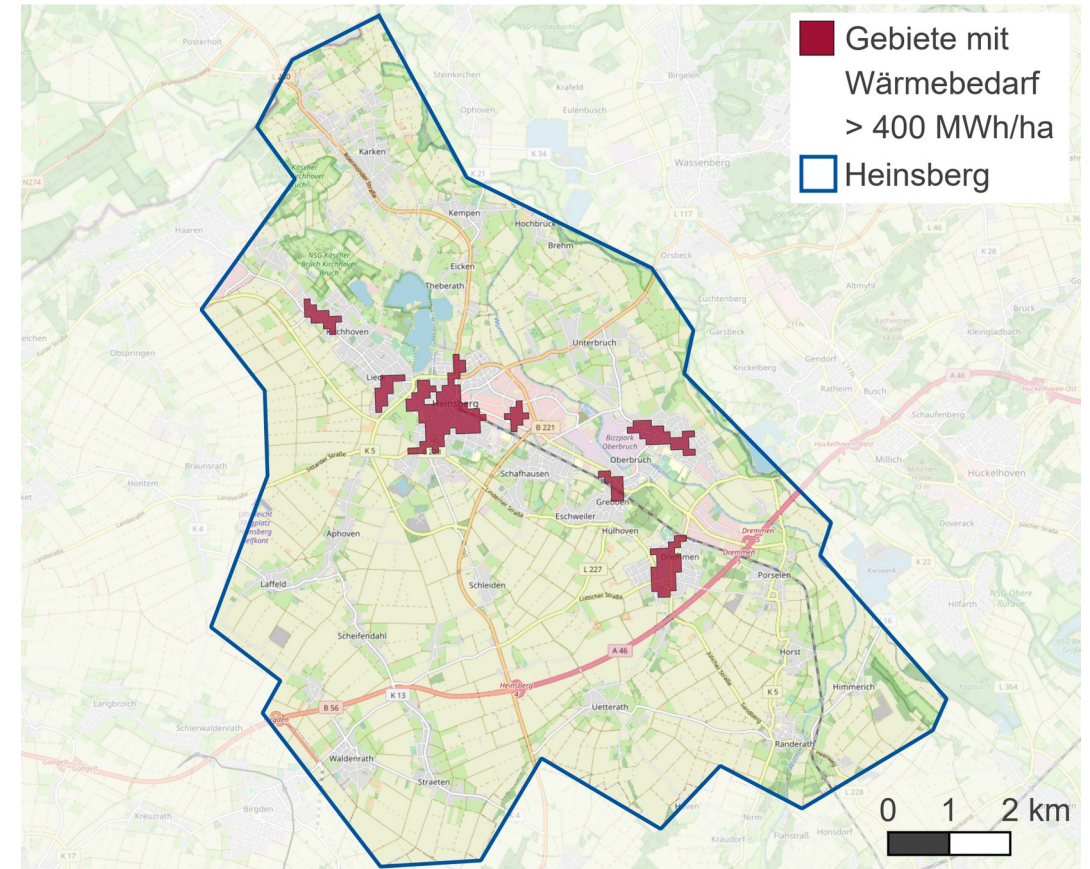
- Kleine Mittelstadt mit ca. 45.000 Einwohner
- Ca. 14.000 Gebäude mit Wärmebedarf von 554 GWh ^[12]
- Ca. 2.300 Gebäude in Wärmenetz geeigneten Gebieten (Wärmebedarf > 400 MWh/ha) mit einem Wärmebedarf von 104 GWh ^[12]
- Nachgewiesenes Potenzial für tiefe Geothermie (hydrothermisch)

[12]: Basierend auf IAEW Bestandsanalyse



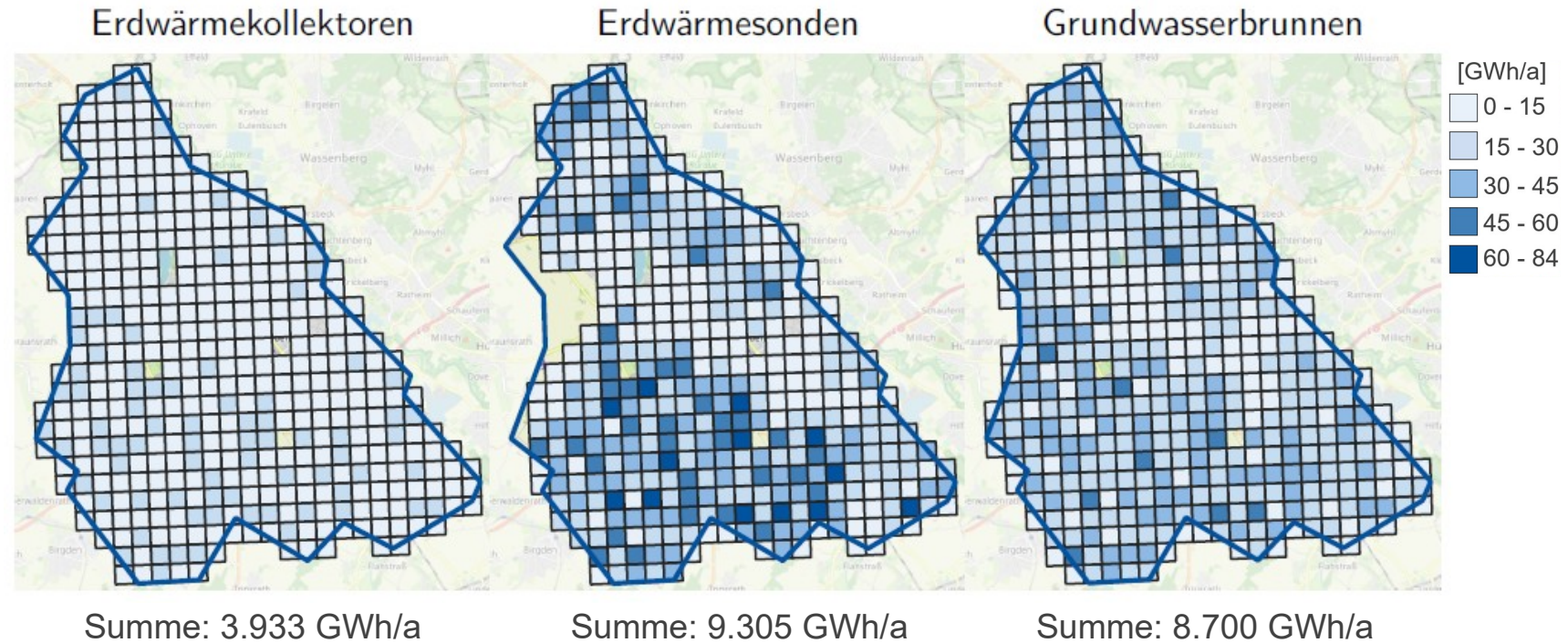
Untersuchungsrahmen

- Detaillierte Untersuchung für Oberflächen Nahe Geothermie
- Vergleich der Potenziale der Wärmequellen



Exemplarische Ergebnisse

Potenzialanalyse (zentrale Wärmequellen)



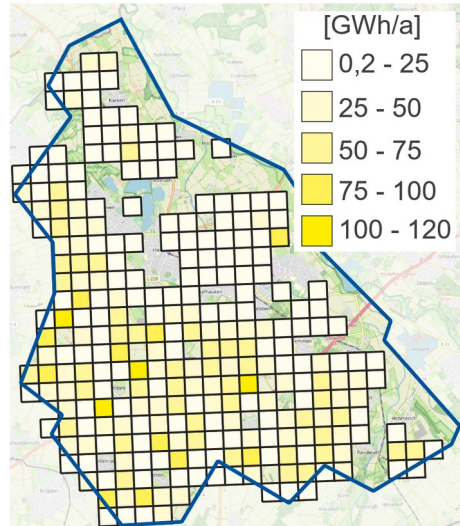
- Einfluss von Wasserschutzgebiete III bzw. IIIa bei Erdwärmesonden, kein Ausschlussgrub bei Kollektoren und Brunnen
- Erdwärmekollektoren, weißen bei gleicher Flächen Nutzung einen etwas halb so große Energieausbeute

Erdwärmesonden und Grundwasserbrunnen dominierende Wärmequelle

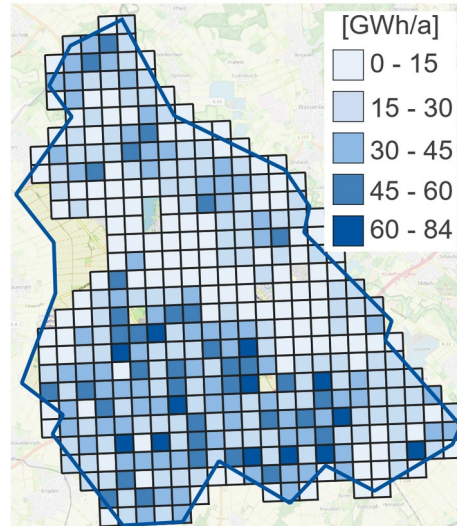
Exemplarische Ergebnisse

Potenzialanalyse (zentrale Wärmequellen)

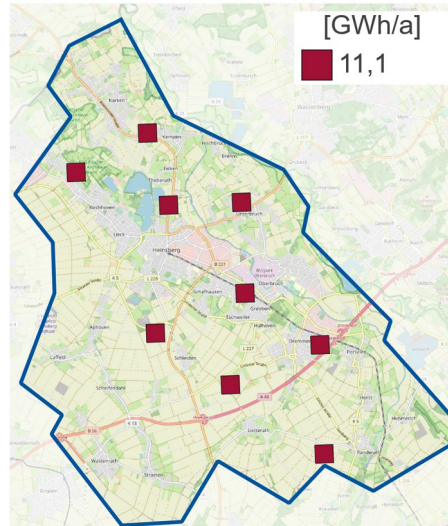
Freiflächen-Solarthermie



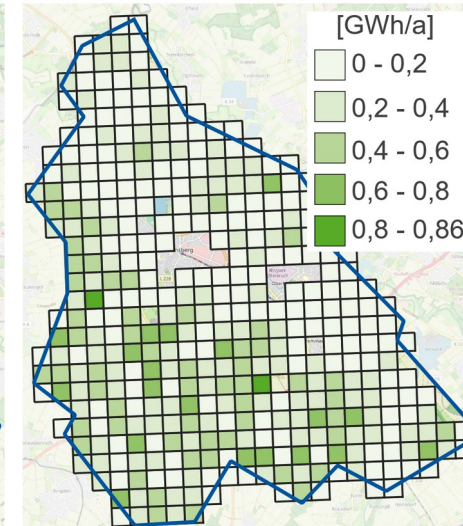
Zentrale oberflächennahe Geothermie



Tiefe Geothermie



Biomasse



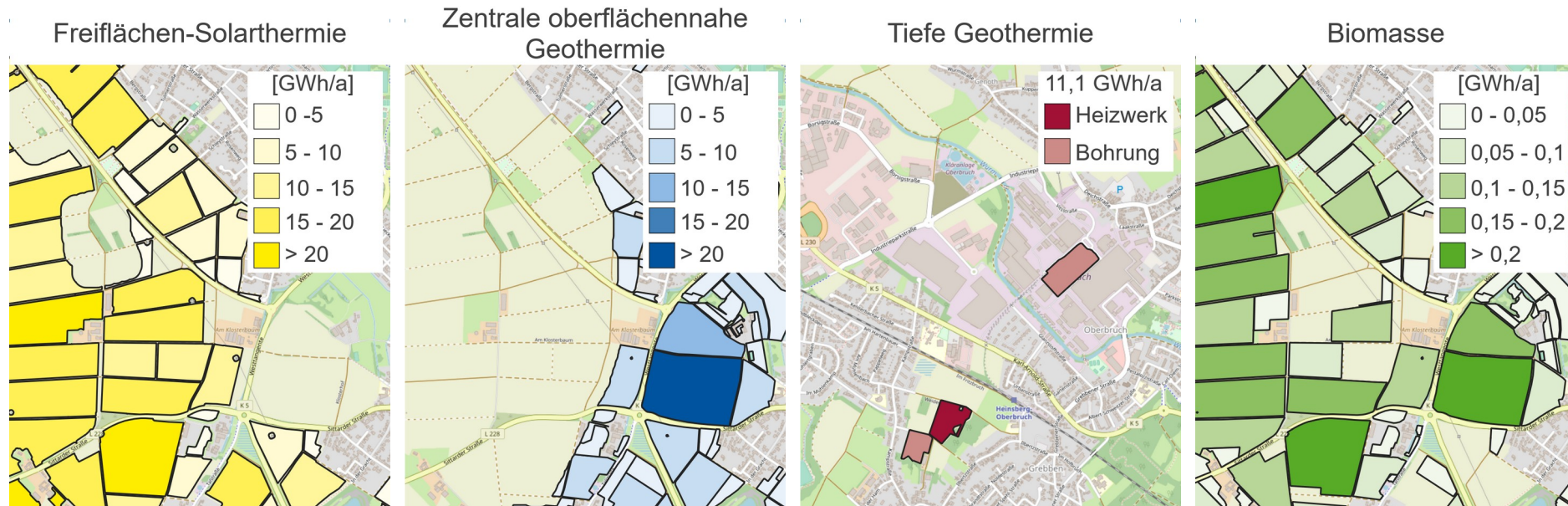
Wärmebedarf
im
Wärmenetz-
potenzial-
gebiet

Jahresenergie- menge [GWh]	7.736	9.305	100	90	104
Leistung [MW]	10.828	3.877	37	10	50
Fläche [ha]	3.404	5.807	127	5.017	-

Potenzial für alle betrachteten Wärmequellen vorhanden

Exemplarische Ergebnisse

Potenzialanalyse (zentrale Wärmequellen)



- Jahresenergiemengen von Freiflächen-Solarthermie und zentraler oberflächennaher Geothermie überschreiten den Wärmebedarf um ein Vielfaches
- Jahresenergiemengen von tiefer Geothermie und Biomasse nicht ausreichend zur Deckung des Bedarfs
- Vergleich der Wärmequellen nicht allein auf den Jahresenergiemengen oder der Maximalleistung basieren, sondern muss die Wärmegewinnung zu verschiedenen Zeitpunkten einbeziehen

Agenda

Einleitung

Analyse

Modellierung

Exemplarische Ergebnisse

▶ Zusammenfassung und Ausblick



Datenbasierte Analysemethodik zur Ermittlung von Potenzialgebieten für zentrale Wärmequellen

Zusammenfassung

- Kosteneffiziente Transformation der kommunalen Wärmeversorgung zur Klimaneutralität
- Georeferenzierte Potenzialanalyse erneuerbarer Wärmequellen zur Bewertung potenzieller Wärmenetzes notwendig
- Entwicklung eines modularen Verfahrens zur **Identifizierung von Potenzialflächen** auf Basis von öffentlichen Daten
- Exemplarische **Anwendung** des Verfahrens für Heinsberg
 - Untersuchung des theoretischen Potenzials von Freiflächen-Solarthermie, zentraler oberflächennaher Geothermie, tiefe Geothermie und Biomasse

Ausblick

- Erweiterung der Modellierung um weitere **Wärmequellen** wie (Oberflächen-) Gewässer
- Untersuchung des theoretischen Wärmepotenzials für mehrere Gebiete
- Entwicklung einer Methodik zur Kosteneffizienten Auswahl der Wärmequellen basierend auf der Versorgungsaufgabe

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**

Backup

Analyse

Erneuerbare Wärmequellen

	Freiflächen-Solarthermie	Oberflächennahe Geothermie	Tiefe Geothermie	Biomasse	Abwärme
Technologien/ Sektoren	<ul style="list-style-type: none"> ○ Flachkollektoren ○ Vakuumröhrenkollektoren ○ Konzentrierte Solarthermie 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Erdwärmesonden ○ Erdwärmekollektoren ○ Grundwasserbrunnen, ... 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hydrothermale System ○ Petrothermale Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Landwirtschaft ○ Forstwirtschaft ○ Abfallwirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Industrie ○ Rechenzentren ○ Müllverwertungsanlagen ○ Tunnelthermie, ...
Leistungsklasse bei Standardbed.	Modular, 473 kWh/m ²	48 W/m	10 – 40 MW	Dezentral < 250 kW, zentral größer	Individuell
Temperaturniveau	20 – 80 °C	12 °C	> 60 °C	500 - > 1000 °C	< 60 - > 150 °C
Lebensdauer	25 – 30 Jahre	Wärmepumpe: 15 – 20 Jahre, Sonde: 100 Jahre	25 – 30 Jahre	15 – 25 Jahre	Wärmepumpe: 15 – 20 Jahre, Wärmetauscher: 30 Jahre
Investitionskosten	0,27 Mio. €/MW	2,05 Mio. €/MW	2,2 Mio. €/MW	1,25 Mio. €/MW	
Betriebskosten	0,3 €/MWh	Stromkosten/ COP (ca. 54 €/MWh)	10 €/MWh	18,26 €/MWh + Biomassekosten	20 €/MWh

Modellierung

Potenzialanalyse: Potenzielle Flächen

Basisflächen

	Solarthermie	Oberflächennahe Geothermie		Tiefe Geothermie	Biomasse		
		Dezentral	Zentral		Ackerland	Dauergrünland	Waldholz
Gewerbe- und Industriegebiete	X		X	X			
Ackerland	X		X	X	X		
Grünland	X		X	X		X	
Parkplatzflächen	X		X	X			
Abfallbeseitigungsanlagen	X						
Randflächen von Autobahnen und Schienenwegen	X						
Heiden			X	X			
Halden			X	X			
Wald							X
Flurstücke		X					

Ausschlussflächen

	Solarthermie	Oberflächennahe Geothermie		Tiefe Geothermie	Biomasse		
		Dezentral	Zentral		Ackerland	Dauergrünland	Waldholz
Siedlungsflächen	X						
Gebäude	X	X	X	X	X	X	X
Verkehrsflächen	X	X			X	X	X
Gewässer, Moore	X	X					
Wälder	X	X					
Besondere Flächen (z.B. Sportplätze)	X	X					

Modellierung

Potenzialanalyse: Schutzgebiete

Schutzgebiete

	Solarthermie	Oberflächennahe Geothermie			Tiefe Geothermie	Biomasse		
		Erdwärme-sonden	Erdwärme-kollektoren	Grundwasser-brunnen		Ackerland	Dauergrünland	Waldholz
Wasserschutzgebiete I, II	X	X	X	X	X			
Wasserschutzgebiete III, IIIa, IIIb		X			X			
Naturschutzgebiete	X				X	X	(X)	(X)
Vogelschutzgebiete	X					X	(X)	(X)
FFH-Gebiete	X				X	X		
Nationalparks	X							
Ramsar Feuchtgebiete	X							
Landschaftsschutzgebiete	X							
Biotopkataster	X							
Biotopverbundflächen Stufe 1							(X)	(X)
Gesetzlich geschützte Biotop							(X)	X

	Solarthermie	Oberflächennahe Geothermie			Tiefe Geothermie	Biomasse		
		Erdwärme-sonden	Erdwärme-kollektoren	Grundwasser-brunnen		Ackerland	Dauergrünland	Waldholz
Überschwemmungsgebiete	X							
Hydrogeologisch kritische Bereiche		(X)						
Schwerpunktvorkommen empfindlicher Arten						(X)	(X)	
Wildnisentwicklungsgebiete								X
Naturwaldzellen								X

Auswahlkriterien

	Solarthermie	Oberflächennahe Geothermie			Tiefe Geothermie	Biomasse
		Erdwärme-sonden	Erdwärme-kollektoren	Grundwasser-brunnen		
Mindestgröße und Mindestbreite	X				X	X
Platzierung Technologie		X		X	X	
Mindestgröße Technologie			X			
Mindestleitfähigkeit des Bodens		X				
Flurabstand				X		
Durchlässigkeit des Grundwasserleiters				X		
Geothermiepotenzial					X	