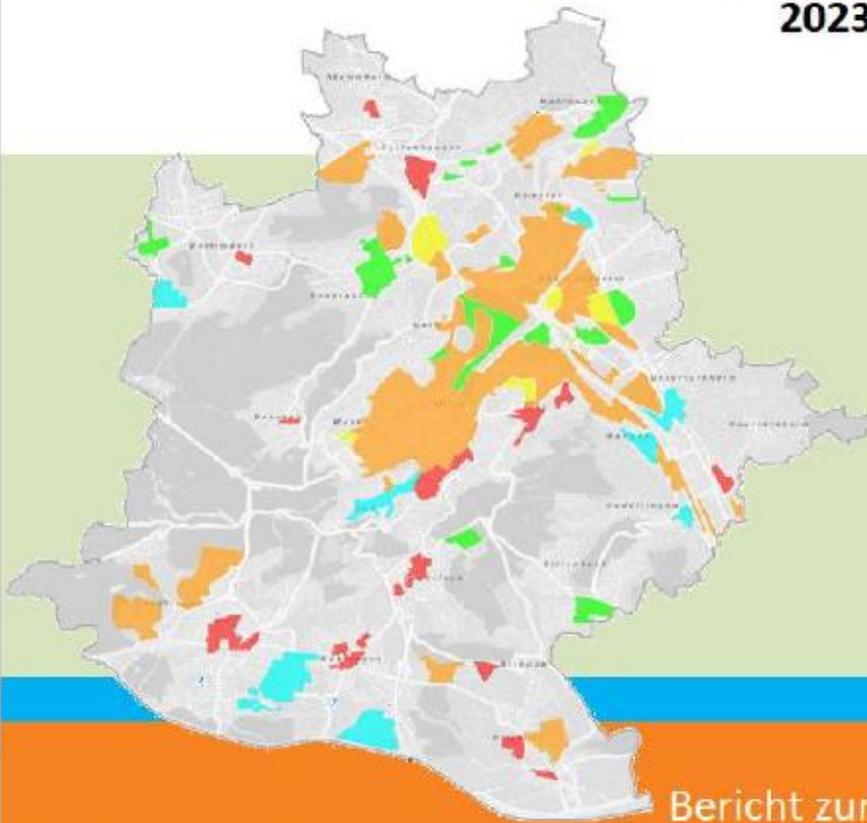


Kommunale Wärmeplanung 2023



Bericht zur
Erstellung der kommunalen Wärmeplanung
der Landeshauptstadt Stuttgart

Stellungnahme zum Kommunalen Wärmeplan der Stadt Stuttgart

Helmut Böhnisch¹⁾

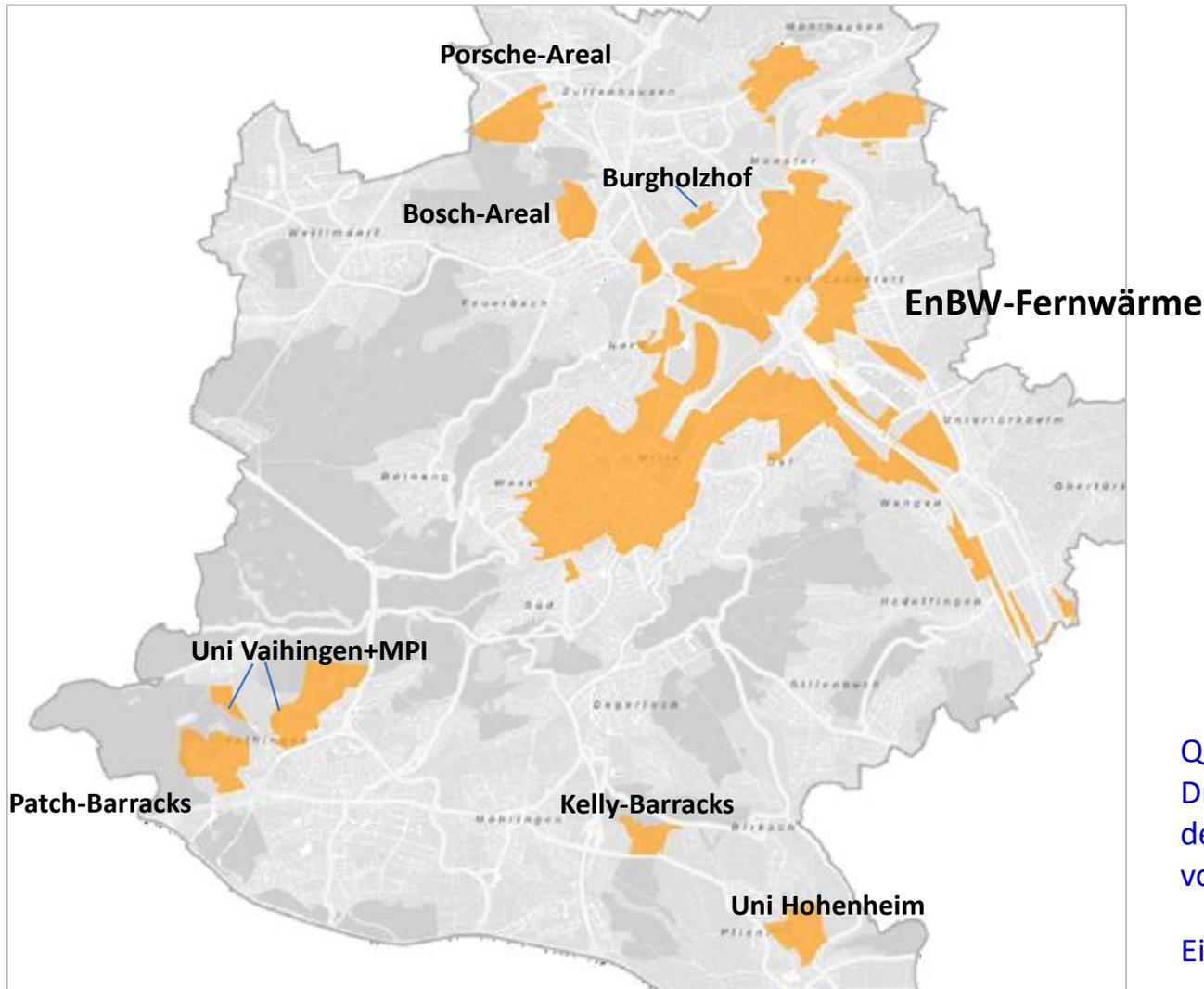
Vortrag beim KUS
29. November 2023

Quelle: Folie 49 des Vortrags von Dr. Görres „Vorstellung Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung“ vom 29. September 2023 (AKU)

1) Informationen zur Person des Autors

- Windenergieforschung von 1982 – 1991 (Universität Stuttgart und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)
- 1991 - 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung; Fachgebiet Systemanalyse
- 2007 – 2020 Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
 - ✓ Leiter des Bereichs Wärmenetze, ab 2015 zusätzlich Leiter des Kompetenzzentrums Wärmenetze
 - ✓ 2017/2018 Mitbegründer des Deutsch-Dänischen Dialogs Wärmenetze in Baden-Württemberg
 - ✓ Ab Januar 2018 Projektkoordinator des Forschungsprojekts ANSWER-Kommunal (Thema: Kommunale Wärmeplanung)
 - ✓ 2019 – 07/2020 Projektleiter Leitfaden Kommunale Wärmeplanung im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg
 - ✓ 09/2020 – 06/2022: Freier Mitarbeiter bei KEA-BW
- Seit 1978 Einwohner von Stuttgart; seit 1987 wohnhaft im Stadtbezirk Hedelfingen

Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung: Ausgangszustand



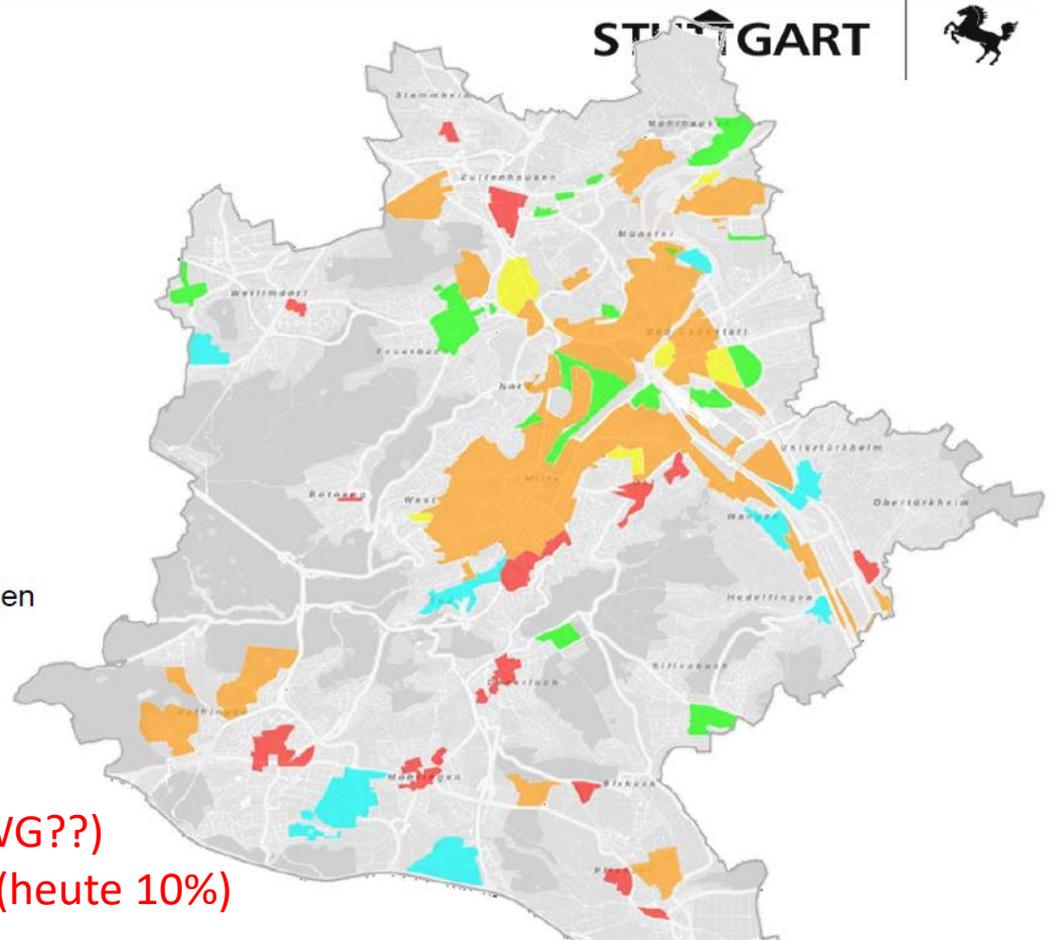
Quelle: Folie 15 des Vortrags von Dr. Görres „Vorstellung Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung“ vom 29.09.2023 im AKU

Eigene Ergänzungen

Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung: Neue Netzgebiete

Übersicht Quartiersauswahl

-  8 bestehende Wärmenetze
-  6 Erweiterungen bestehender Netze
-  17 Wärmenetzeignungsgebiete in vertiefter Untersuchung
-  9 Wärmenetzeignungsgebiete, vertiefte Untersuchung ausstehend
-  13 Gebiete mit besonderen Herausforderungen
-  Einzelversorgungsgebiete



Ziel 2035: 44 % aller Haushalte (NWG??)
EnBW-FW: 23 % nach Verdichtung (heute 10%)

Quelle: Folie 19 des Vortrags von Dr. Görres „Vorstellung Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung vom 29. September 2023 (Ausschuss für Klima und Umwelt)

Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung: Einzelversorgung

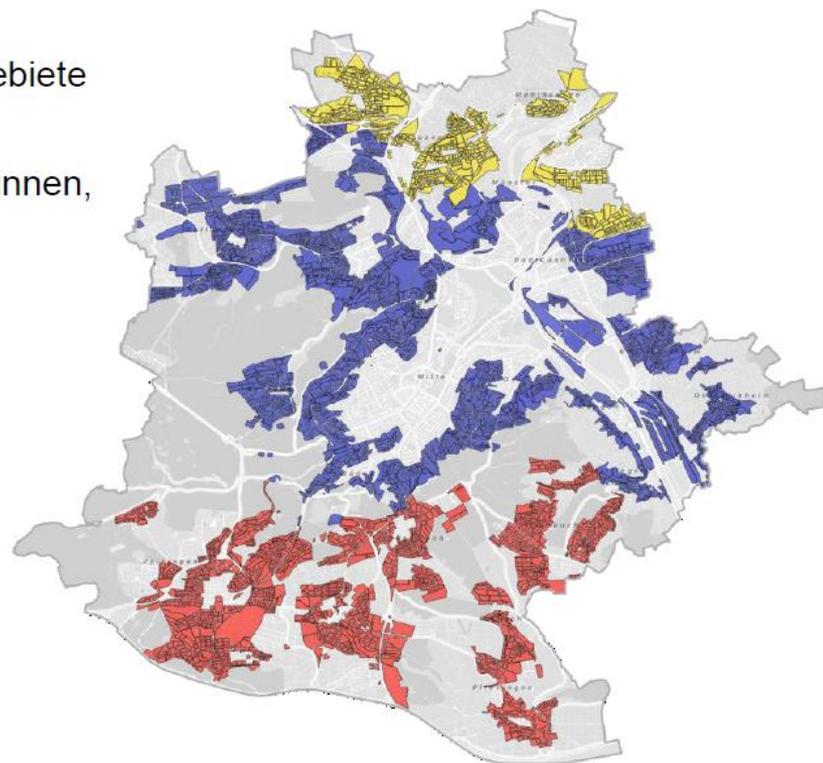
STUTTGART



Klimaneutrale Einzelversorgung

Ziel 2035: 56 % aller Haushalte

- für alle Gebäude, die nicht in einem der möglichen Netzgebiete liegen, sind Einzelversorgungen vorgesehen
- Steckbriefe bieten auch hier Hilfestellung für Eigentümer*innen, wie Klimaneutralität erreicht werden kann
- aufgrund unterschiedlicher Nutzungsmöglichkeit von Geothermie (Heilquelleschutz) Differenzierung nach
 - nördliches Stuttgart
 - mittleres Stuttgart
 - südliches Stuttgart
- Steckbriefe zeigen Optionen auf
 - Möglichkeiten der klimaneutralen Einzelversorgung
 - welche Förderung ist dafür möglich



Quelle: Folie 43 des Vortrags von Dr. Görres „Vorstellung Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung vom 29. September 2023 (Ausschuss für Klima und Umwelt)

Quartierssteckbriefe für Netzeignungsgebiete

Ziele der Quartierssteckbriefe

- Leitfaden für den Weg zum klimaneutralen Quartier
- Zusammenfassung und Darstellung der erfolgten Voruntersuchung
- Hilfestellung für die Bürger*innen
- Grundlage bei Planungen anderer Ämter
- Überblick über die angedachten Entwicklungen
- Einbindung der Akteure in den Quartieren (in einzelnen Quartieren bereits erfolgt)

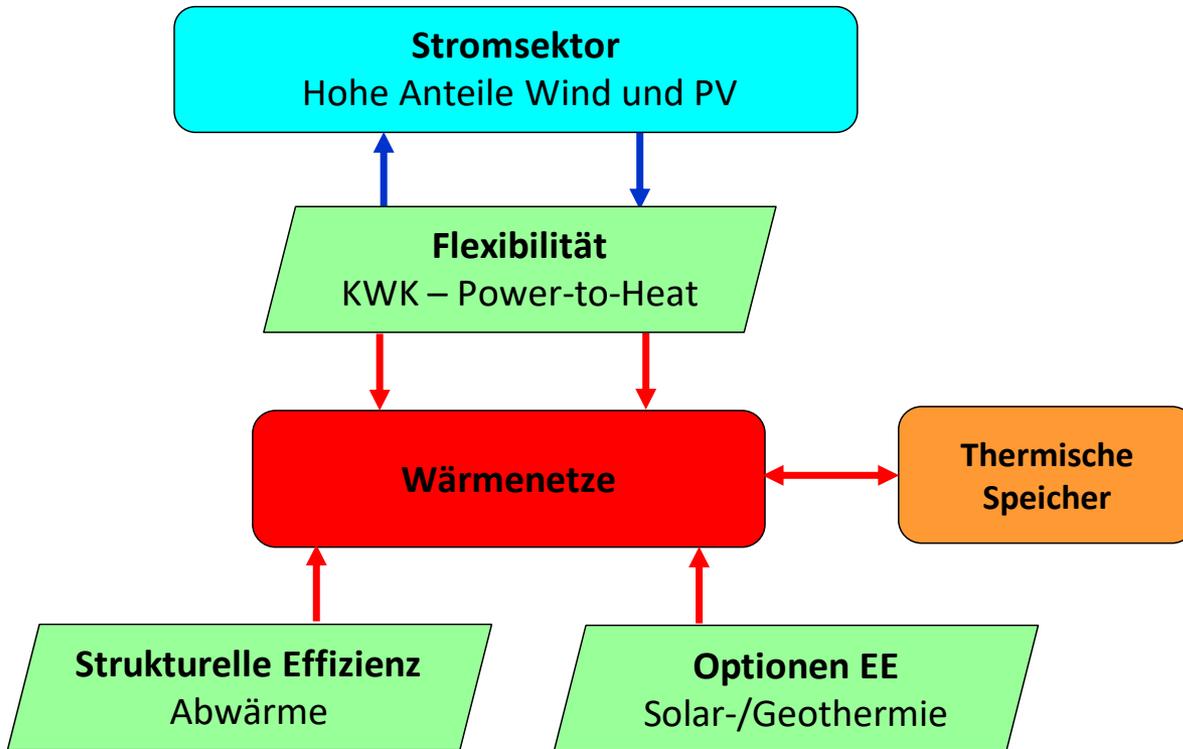
Übertragung der wichtigsten Daten in Excel-Tabelle für weitere Auswertungen

Landeshauptstadt Stuttgart – Amt für Umweltschutz



Quelle: Folie 38 des Vortrags von Dr. Görres „Vorstellung Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung vom 29. September 2023 (Ausschuss für Klima und Umwelt)

Systemdienstleistungen von Wärmenetzen (1)

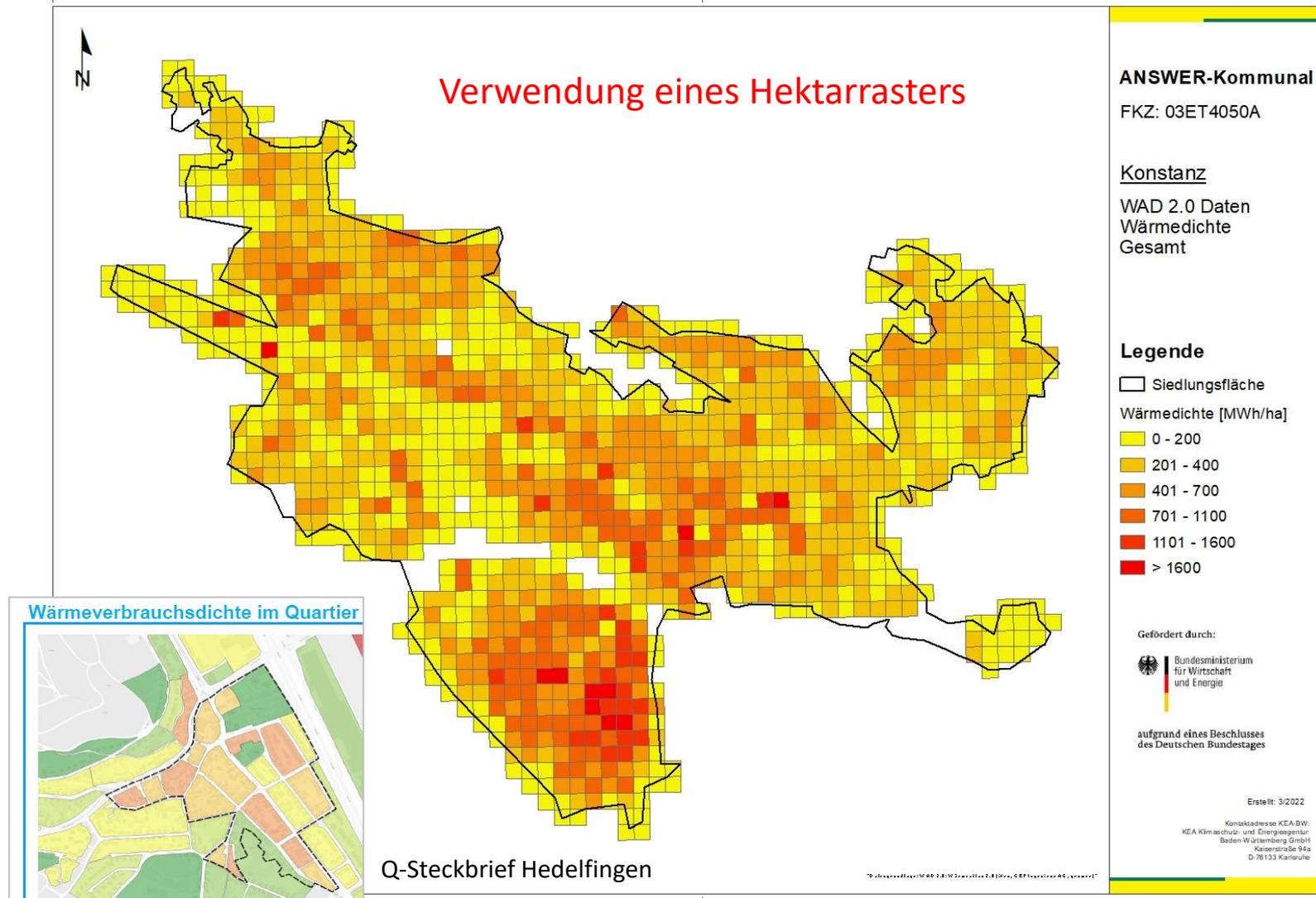


- Offen für alle Arten von Erneuerbaren Energien
- Offen für alle Arten von Abwärme
- Wärmenetze + Speicher: Ausgleich von Fluktuationen
- Steigerung der Anteile von Sonne und Wind
- Wärmenetze + GWP: Effizientere Nutzung von EE-Strom als bei H₂-Einsatz (Faktor 5)

Zonierung als Teil der kommunalen Wärmeplanung:

- Die Wärmenetz-Potenziale müssen bei der Erstellung der lokalen Wärmepläne soweit wie möglich ausgereizt werden, damit Wärmenetze in ausreichendem Umfang Systemdienstleistungen für das gesamte Energiesystem bereitstellen können.
- Das gilt neben den vielen anderen großen und kleineren Städten auch für eine Großstadt wie Stuttgart, die durch eine sehr dichte Bebauung innerhalb der Siedlungsgebiete in den Bezirken gekennzeichnet ist

Grundlage der Zonierung: Wärmedichtekarte (z. B. Konstanz)



Vorgehensweise bei der Zonierung von Siedlungsgebieten

Folgende Kriterien sind für die Zonierung der Siedlungsgebiete wichtig (technisch-wirtschaftliche Bewertungsmethode):

- Wärmedichte bezogen auf ein regelmäßiges Hektarraster
- Trassenlängen der Wärmenetze
- Liniendichte der Wärmenetze
- Szenarien zur Entwicklung des Anschlussgrads an die Wärmenetze
- Wärmeverteilungskosten der Wärmenetze
- Wärmebereitstellungskosten bei der Wärmeerzeugung mit erneuerbaren Energien und Abwärme
- Wärmekosten konkurrierender Systeme zur Einzelhausversorgung (dezentrale Wärmepumpen)

KWP Stuttgart: Berücksichtigung der Eigentümerstrukturen

Eine hohe Anzahl von Eigentümern wird als weniger geeignet betrachtet

Wärmenetzeignung nach Bedarfsstruktur

- hohe Wärmeverbrauchsdichte und Ankerkunden mit hoher Wärmeabnahme
- vorteilhafte Eigentumsverhältnisse
- hohe Anschlussquoten erreichbar

Entwicklung einer Bewertungsmatrix zur Festlegung der Eignung

wenig geeignet

sehr geeignet



geringer Wärmeverbrauch



viele Ansprechpartner
mittl./hoher Wärmeverbrauch



wenig Ansprechpartner
hoher Wärmeverbrauch

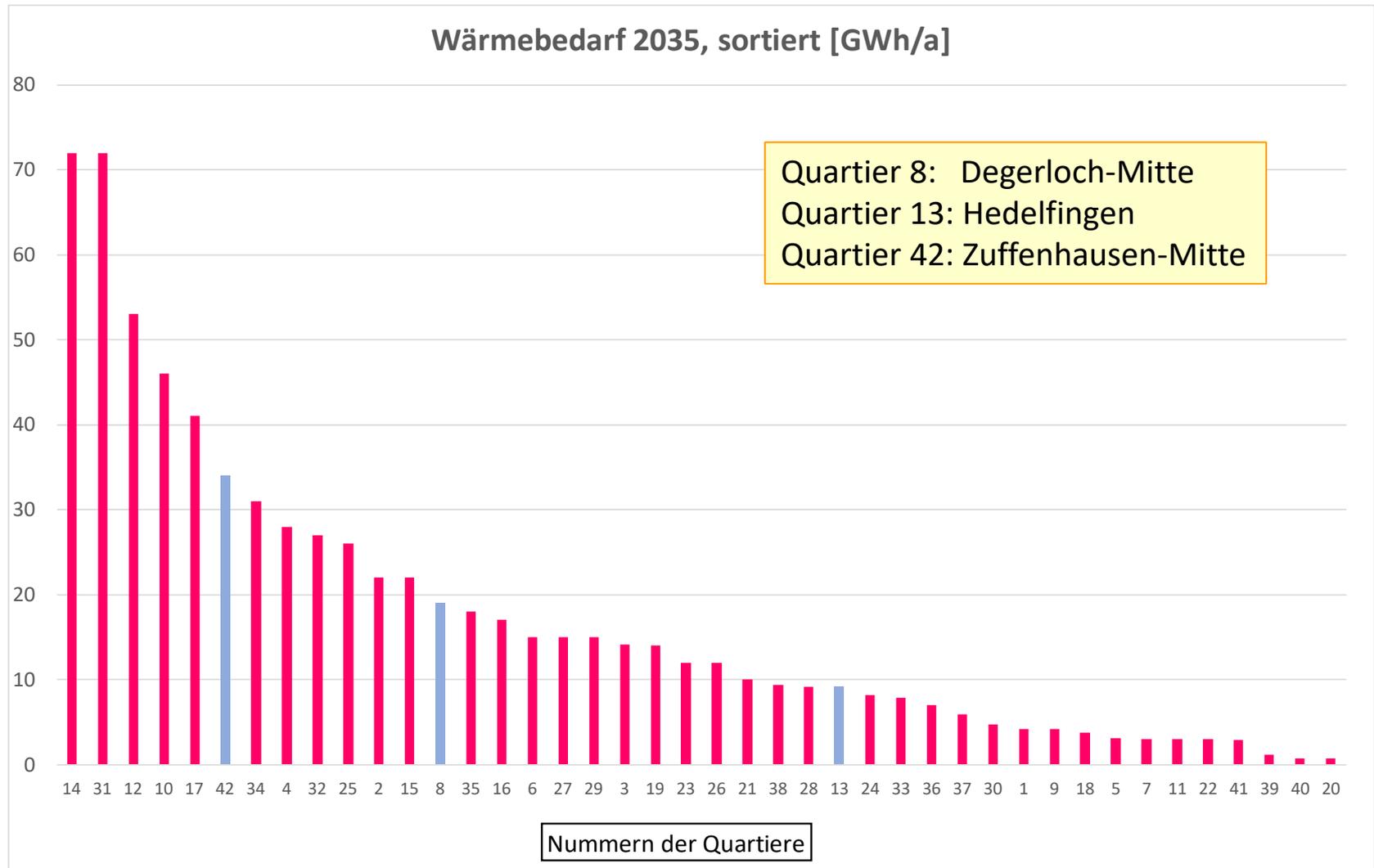
Quelle: Folie 9 des Vortrags von Dr. Görres „Vorstellung Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung vom 29. September 2023 (Ausschuss für Klima und Umwelt)

Zwischenfazit zur Vorgehensweise im KWP Stuttgart

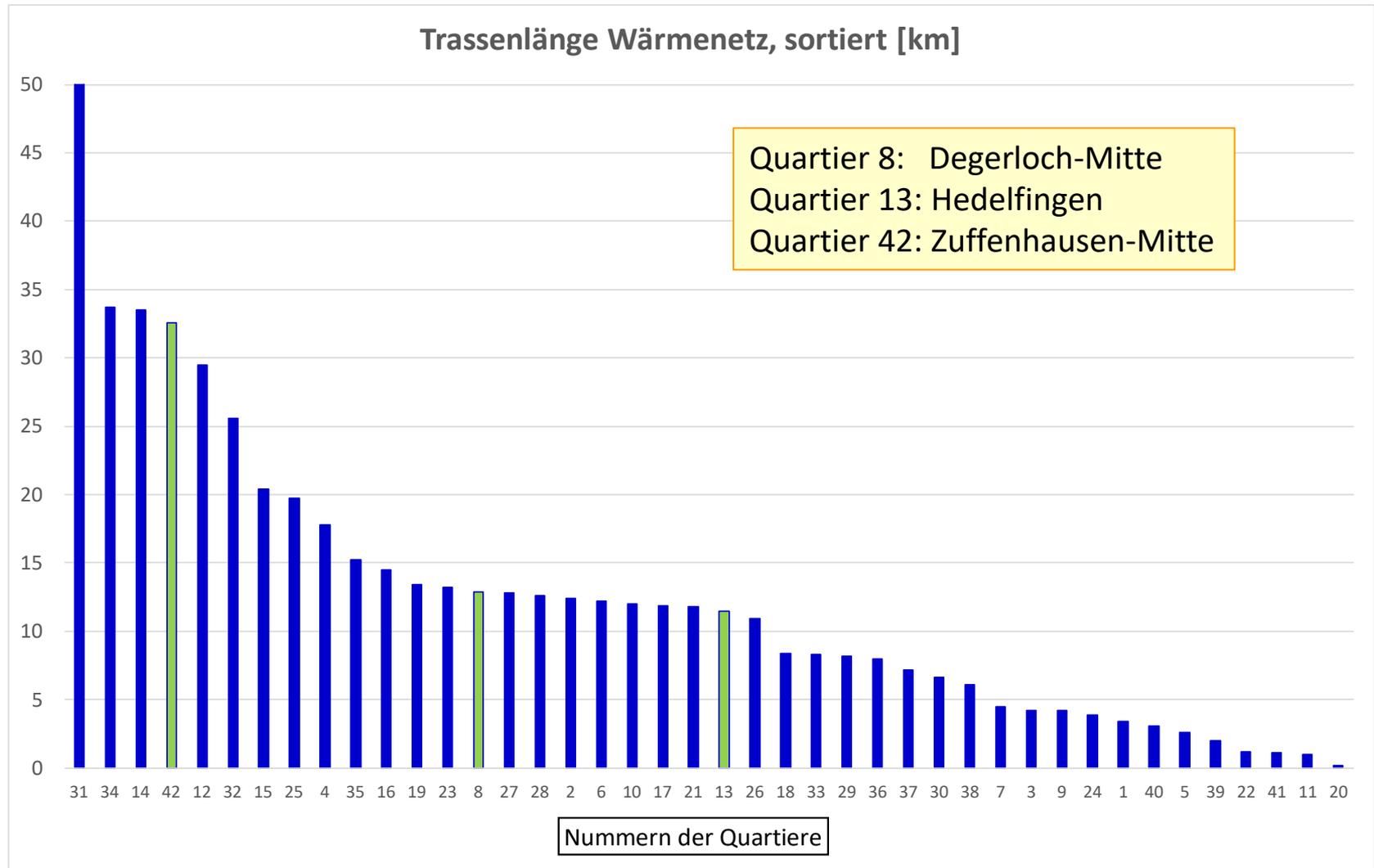
- In Kapitel 3.5 des Leitfadens Kommunale Wärmeplanung („Ausweisung von Eignungsgebieten...“) spielt das Kriterium Eigentümerstruktur bei der Beschreibung der Vorgehensweise keine Rolle
- Im Ergebnisbericht des Projekts ANSWER-Kommunal ist die Methodik zur Zonierung von Siedlungsgebieten ausführlicher als im Leitfaden beschrieben (Siehe Ergebnisbericht Kap. 5.5 Seite 160).
- Auch dort wird deutlich, dass die Berechnungen im ersten Schritt ohne das Kriterium Eigentümerstruktur erfolgen müssen.

→ Durch die Vorgehensweise, die dem Kommunalen Wärmeplan Stuttgart zugrunde liegt, werden bei der Identifikation von Netzeignungsgebieten große Teile des Stadtgebiets außerhalb der EnBW-Fernwärme zu früh aussortiert!

Auswertungen zu den Quartierssteckbriefen: Wärmebedarf

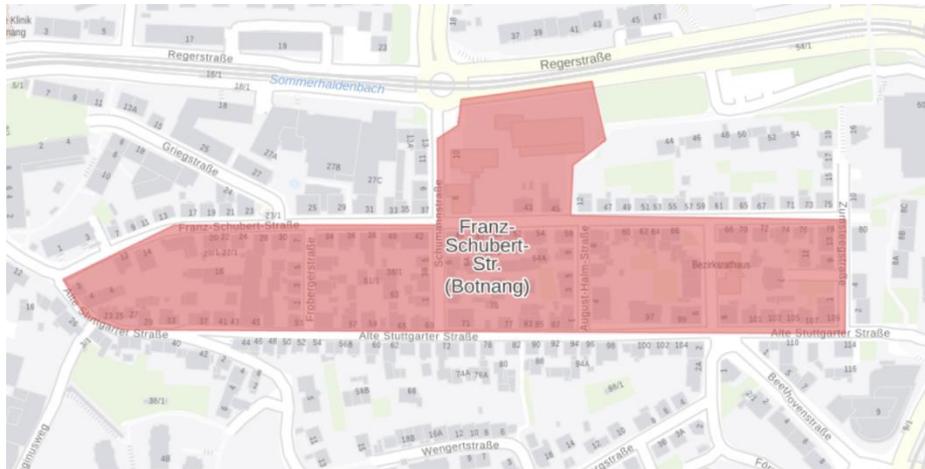


Auswertungen zu den Quartierssteckbriefen: Trassenlängen



Trassenlängen in den Quartierssteckbriefen

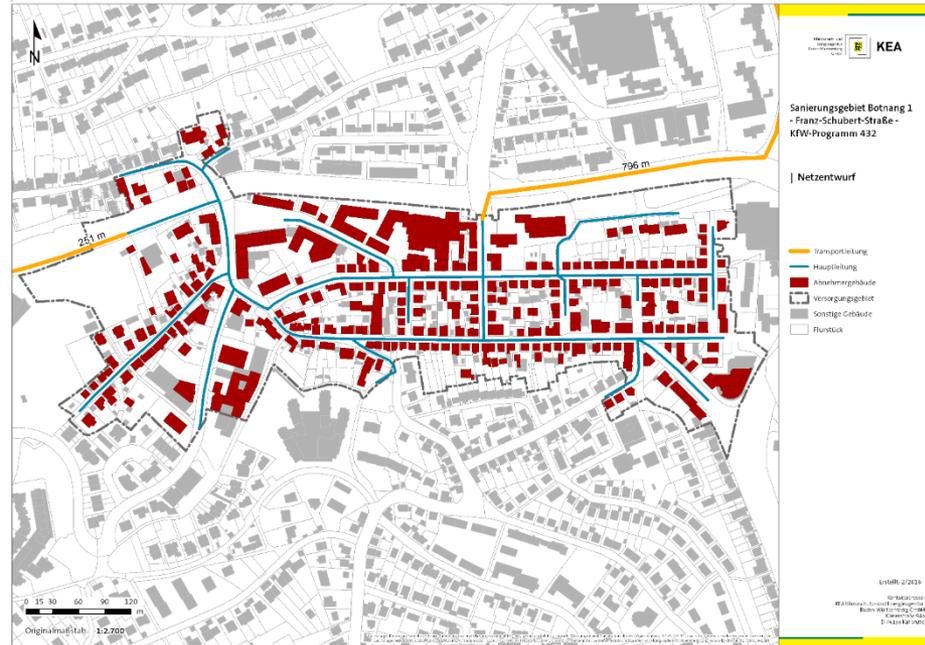
Quartier: Botnang – Franz-Schubert-Straße



TL sind vielfach zu hoch

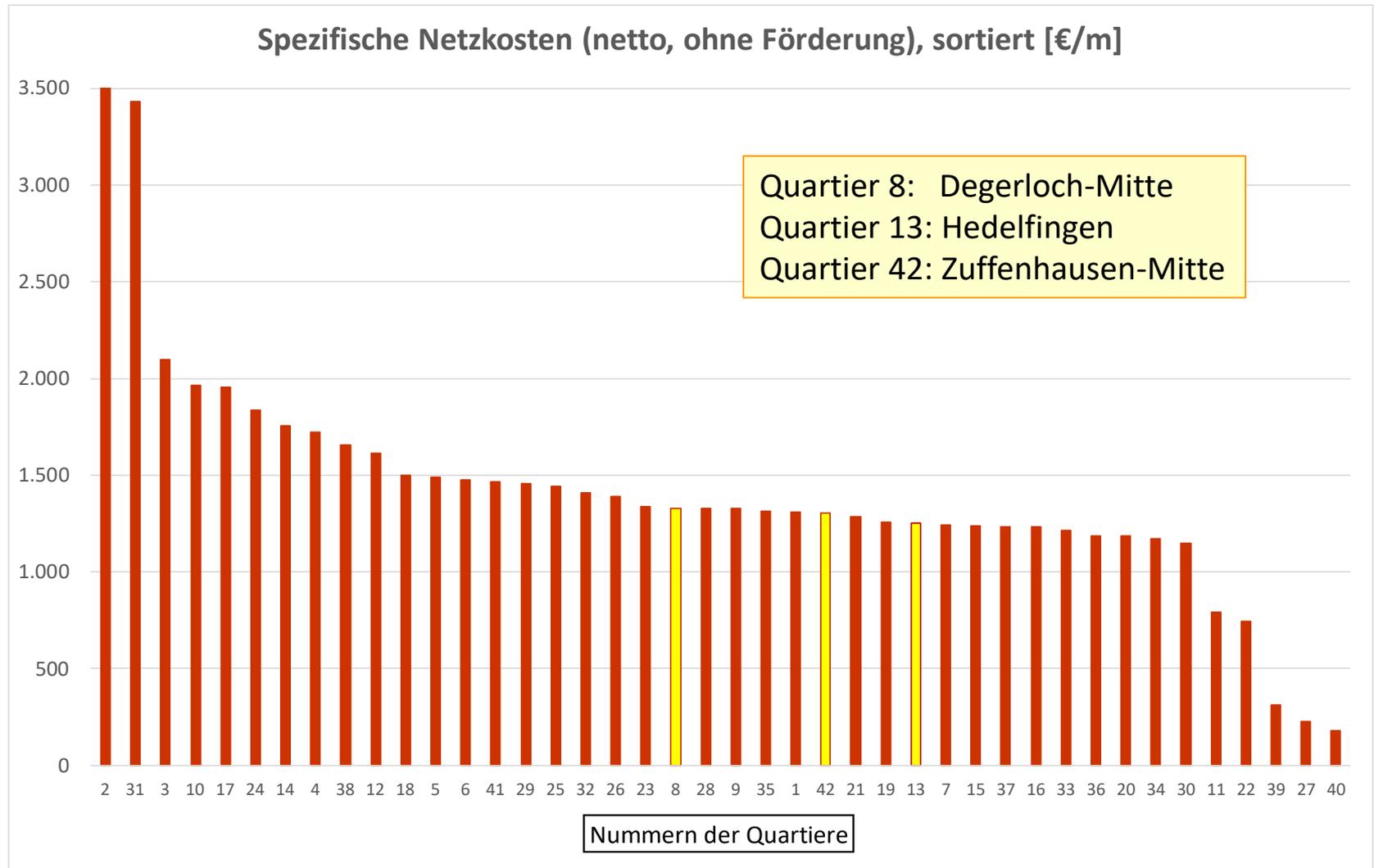
Berechnungsverfahren nicht dokumentiert

IQK Botnang (2016) – KfW 432

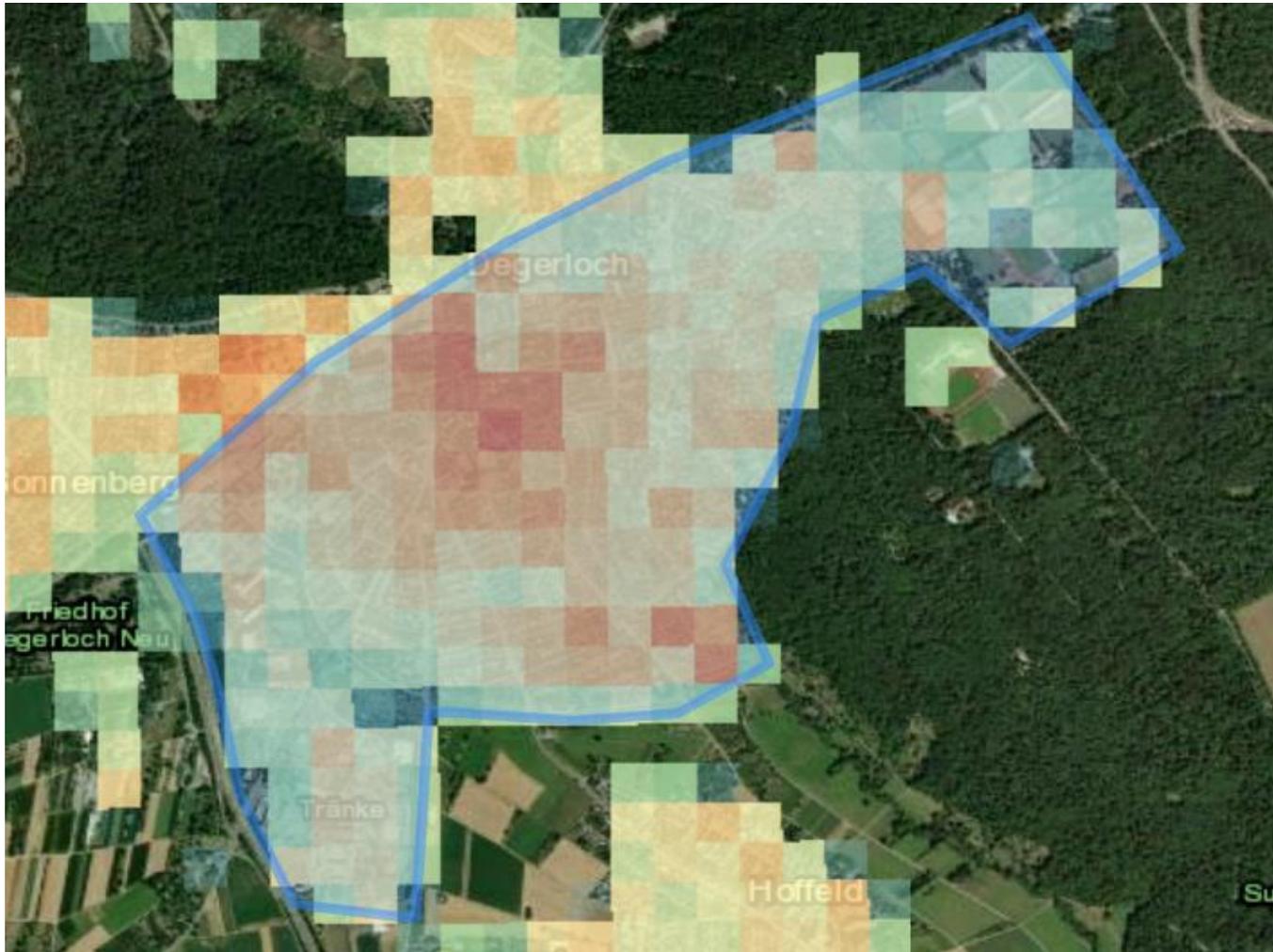


	Q-Steckbrief Botnang	IQK Botnang
Flurstücksfläche / Areal- bzw. Gesamtfläche	3,5 ha	ca. 12-13 ha
Trassenlänge Wärmenetz	4,5 km	6,0 km
Wärmebedarf heute/2016	3.600 MWh/a	12.800 MWh/a

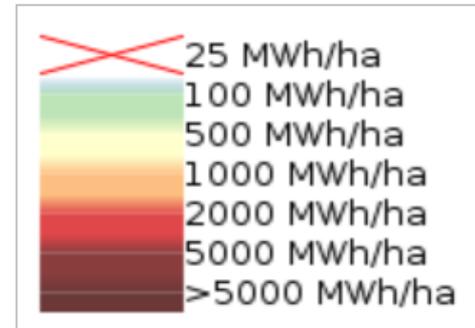
Auswertungen zu den Quartierssteckbriefen: spez. Netzkosten



Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Degerloch (1)



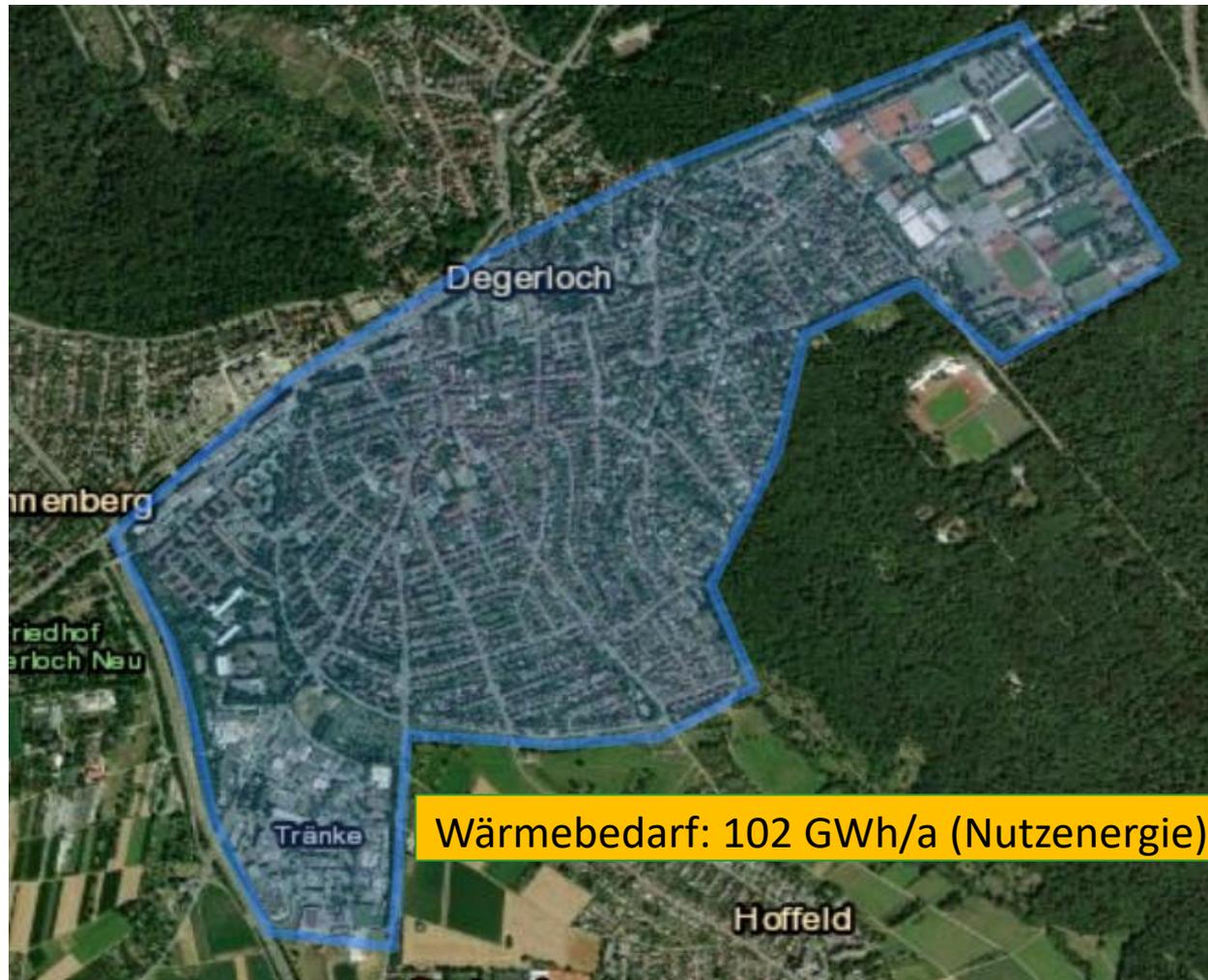
Wärmedichteskala Endenergie



Siedlungsgebiet ohne
Haigst und Hoffeld

Quelle: <https://www.hotmaps.eu/map>

Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Degerloch (2)



Siedlungsgebiet ohne
Haigst und Hoffeld

Quelle: <https://www.hotmaps.eu/map>

Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Degerloch (3)

Parameter	Werte (Nutzenergie)
Wärmebedarf	102 GWh/a
Anzahl Hektarzellen	220
Minimale Wärmedichte	4,7 MWh/ha*a
Maximale Wärmedichte	1.155,0 MWh/ha*a
Mittlere Wärmedichte	460,0 MWh/ha*a

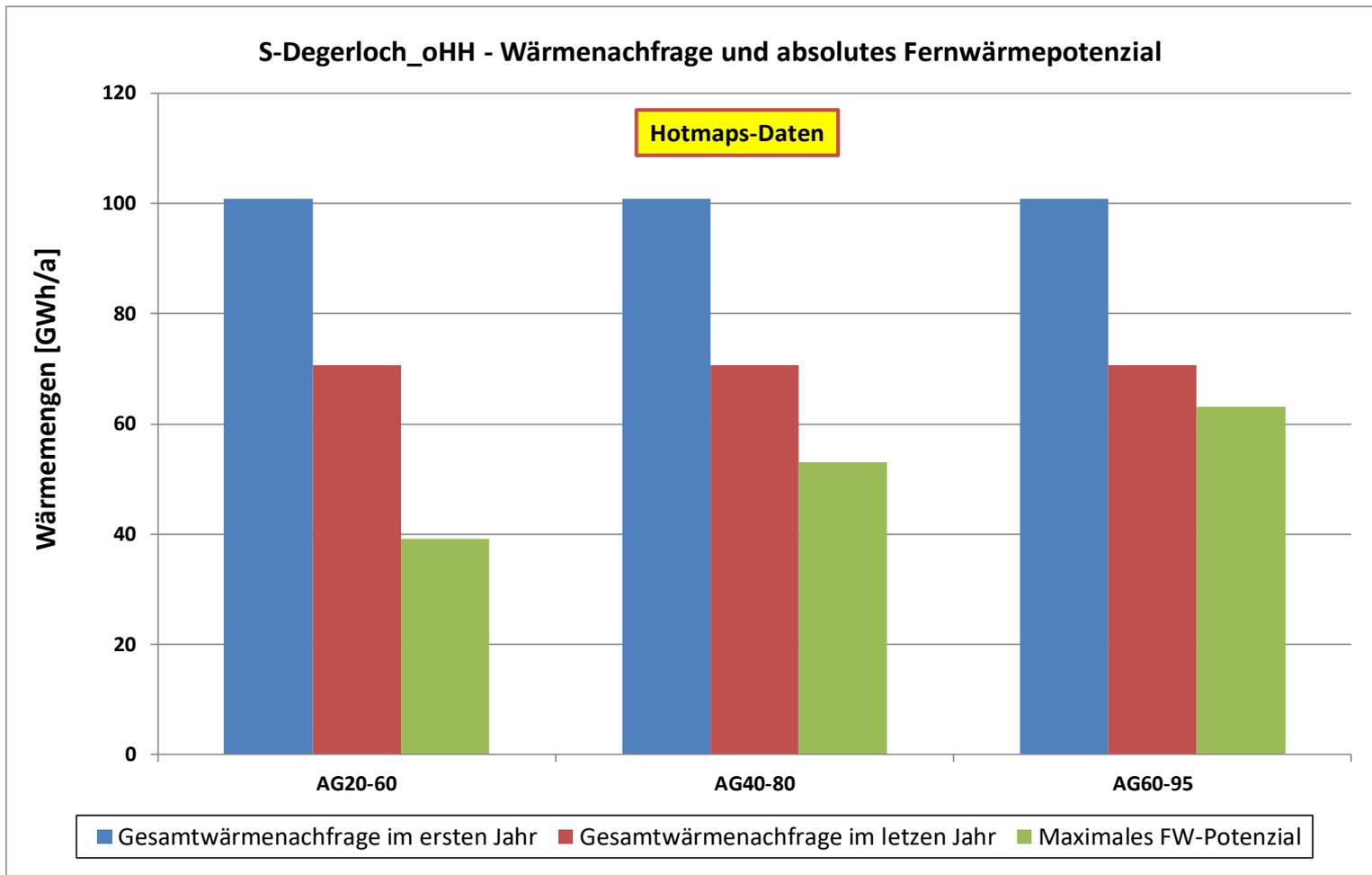
Quelle: <https://www.hotmaps.eu/map>

Stadtbezirk Degerloch im KWP Stuttgart



Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Degerloch (4)

Fernwärmepotenzial in Abhängigkeit der Einsparung und des Anschlussgrads



Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Degerloch (5)

Parameter	Werte
Trassenlänge Wärmenetz (AG 95 %)	48,7 km
Liniendichte 2035	1.296 kWh/m
Zugrunde gelegte AG-Entwicklung	60 % – 95 %
Spezifische Verlegekosten Wärmenetz	1.300 €/m
Investitionskosten Wärmenetz	63.300.000 €
Wärmeverteilungskosten (Invest)	50 €/MWh

Die Berechnung der Trassenlänge basiert auf der Hotmaps-Toolbox und Korrekturfaktoren aus ANSWER-Kommunal
Randbedingungen Wärmeverteilungskosten: 3 % Zins, 30 a Nutzungsdauer; Nettokosten ohne Förderung

Zwischenfazit Stadtbezirk Degerloch (1)

Parameter	Quartierssteckbrief Degerloch-Mitte	Stellungnahme zum KWP
Flurstückfläche/Arealfläche	29,7 ha	220 ha
Nutzwärmebedarf heute	25 GWh/a	102 GWh/a
Verhältnis der Werte Wärmebedarf heute	4,1	
Wärmedichte heute	842 MWh/(ha*a) Flurstückfläche	460 MWh/(ha*a) Arealfläche
Berechnete Trassenlänge	12,9 km	48,7 km
Verhältnis Trassenlänge	3,8	
Wärmeverteilungskosten (netto)	43 €/MWh	50 €/MWh

In den Quartierssteckbriefen ist nicht nachvollziehbar, in welchem Verhältnis die Flurstückfläche zur Arealfläche steht, die auch die Verkehrsflächen umfasst

Zwischenfazit Stadtbezirk Degerloch

- Standort für Energiezentrale: Gewerbegebiet Tränke
- Ergänzende Optionen: im KWP-Stuttgart für das Gebiet Waldau sowie für Degerloch-Mitte beschriebene Lösungsansätze
- Optionen zur Wärmeerzeugung: große Luft-Wasser-WP, Wärmepumpe mit Erdsonden, Freiflächen-Solarthermie, Elektrospitzenkessel, großer Pufferspeicher.
- Die Freiflächen-Solarthermie wurde im kommunalen Wärmeplan nicht als Wärmequelle berücksichtigt
- **Entsprechende Untersuchungen zur Solarthermie sollten ebenfalls Bestandteil des kommunalen Wärmeplans sein!**

Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Zuffenhausen (1)



Siedlungsgebiet ohne Porsche-Areal

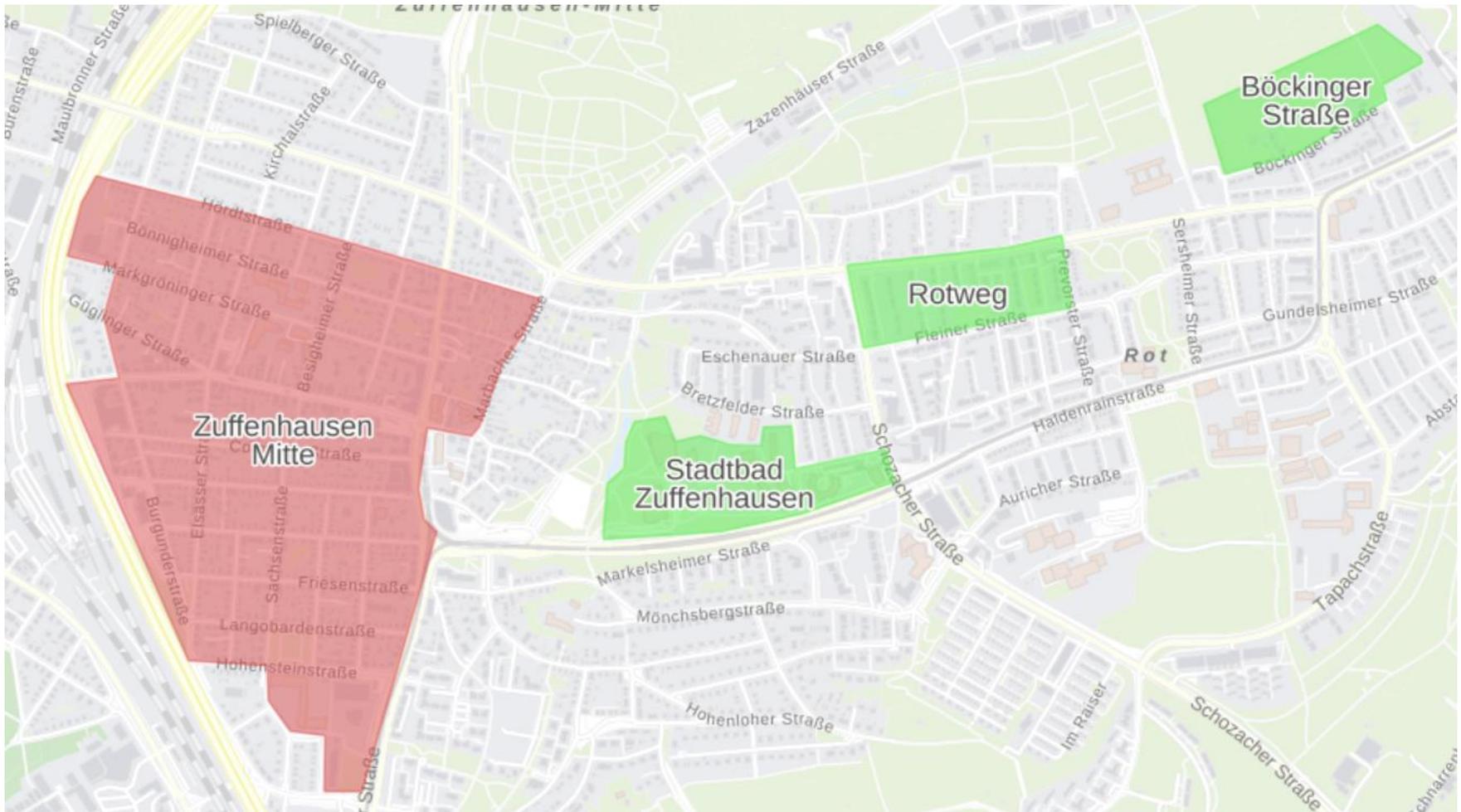
Quelle: <https://www.hotmaps.eu/map>

Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Zuffenhausen (2)

Parameter	Werte (Nutzenergie)
Wärmebedarf	212 GWh/a
Anzahl Hektarzellen	335
Minimale Wärmedichte	6,0 MWh/ha*a
Maximale Wärmedichte	1.444 MWh/ha*a
Mittlere Wärmedichte	632,5 MWh/ha*a

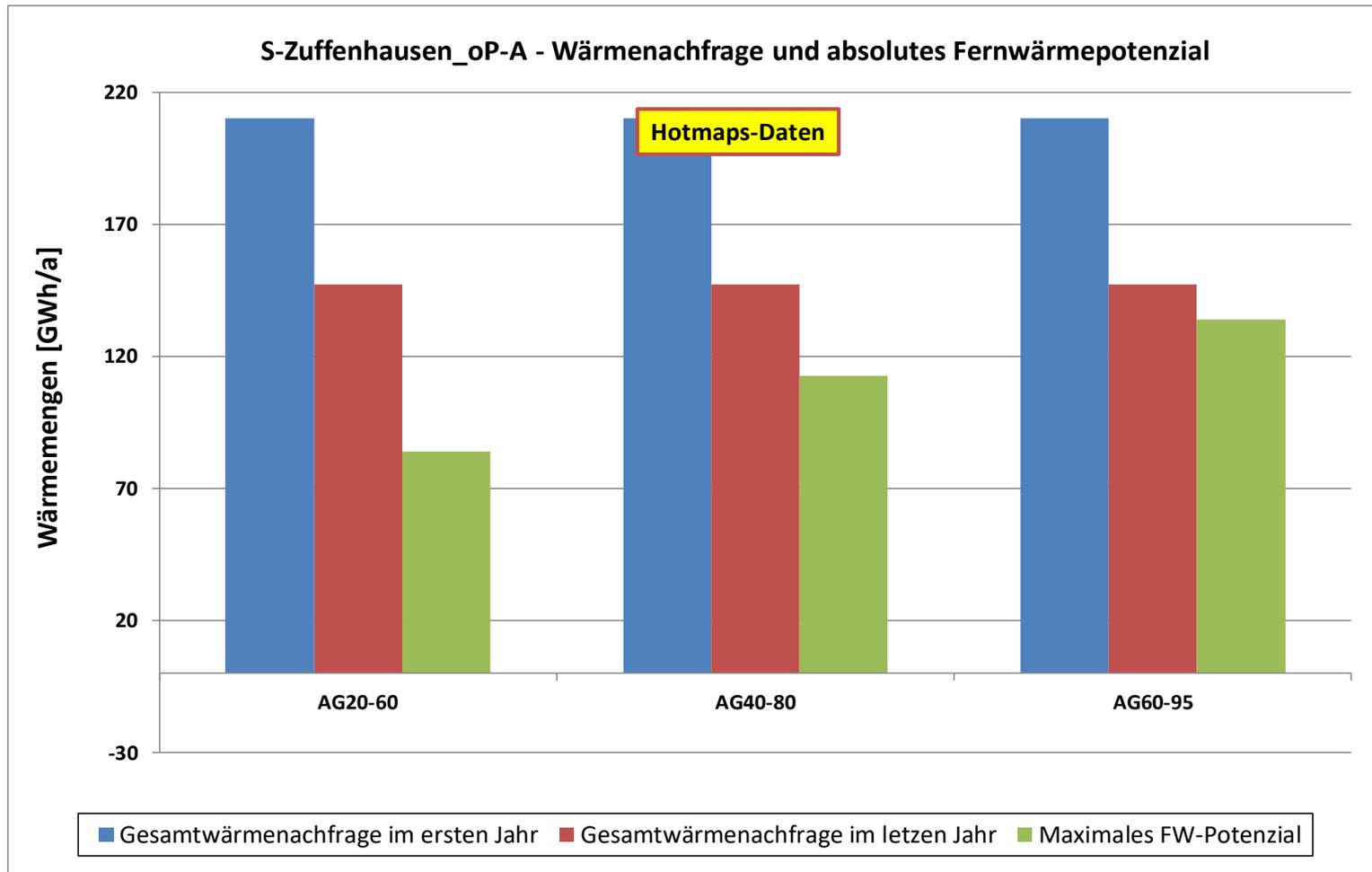
Quelle: <https://www.hotmaps.eu/map>

Stadtbezirk Zuffenhausen im KWP Stuttgart



Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Zuffenhausen (3)

Fernwärmepotenzial in Abhängigkeit der Einsparung und des Anschlussgrads



Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Zuffenhausen (5)

Parameter	Werte
Trassenlänge Wärmenetz (AG 95 %)	78,4 km
Liniendichte 2035	1.709 kWh/m
Zugrunde gelegte AG-Entwicklung	60 % – 95 %
Spezifische Verlegekosten Wärmenetz	1.300 €/m
Investitionskosten Wärmenetz	101.953.000 €
Wärmeverteilungskosten (Invest)	38 €/MWh

Die Berechnung der Trassenlänge basiert auf der Hotmaps-Toolbox und Korrekturfaktoren aus ANSWER-Kommunal

Randbedingungen Wärmeverteilungskosten: 3 % Zins, 30 a Nutzungsdauer; Nettokosten ohne Förderung

Zwischenfazit Stadtbezirk Zuffenhausen (1)

Parameter	Quartierssteckbrief Zuffenhausen-Mitte	Stellungnahme zum KWP
Flurstückfläche/Arealfläche	34,4 ha	335 ha
Nutzwärmebedarf heute	46 GWh/a	212 GWh/a
Verhältnis der Werte Wärmebedarf heute	4,6	
Wärmedichte heute	1.337 MWh/(ha*a) Flurstückfläche	633 MWh/(ha*a) Arealfläche
Berechnete Trassenlänge	32,6 km	78,4 km
Verhältnis Trassenlänge	2,4	
Wärmeverteilungskosten (netto)	59 €/MWh	38 €/MWh

In den Quartierssteckbriefen ist nicht nachvollziehbar, in welchem Verhältnis die Flurstückfläche zur Arealfläche steht, die auch die Verkehrsflächen umfasst

Zwischenfazit Stadtbezirk Zuffenhausen (2)

- Schrittweiser Aufbau eines großen Wärmeverbunds mit mehreren Einspeisepunkten (z. B. große Luft-Wasser-WP im Gewerbegebiet)
- Option für Wärmelieferung: Flusswasser-Wärmepumpe am Neckar; Wärmeeinspeisung am Ostrand des Stadtteils Rot (< 500 m Luftlinie)
- Der Aufbau eines Wärmenetzes im Stadtbezirk Zuffenhausen muss in enger Abstimmung mit der Porsche AG erfolgen.
- Das werkseigene Netz für das Porsche-Areal und die BHKW bieten gute Grundlage für die Sektorenkopplung Strom - Wärme.
- Flexibler Betrieb der Porsche-BHKW (Residuallasten) →
Notwendig: große thermische Pufferspeicher
Alternativ: Wärmelieferung in das Porsche-Netz
- Initiative für diese Zusammenarbeit muss von der Stadt Stuttgart ausgehen!

Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Hedelfingen (1)

Siedlungsgebiet ohne die Stadtteile Hafen und Lederberg



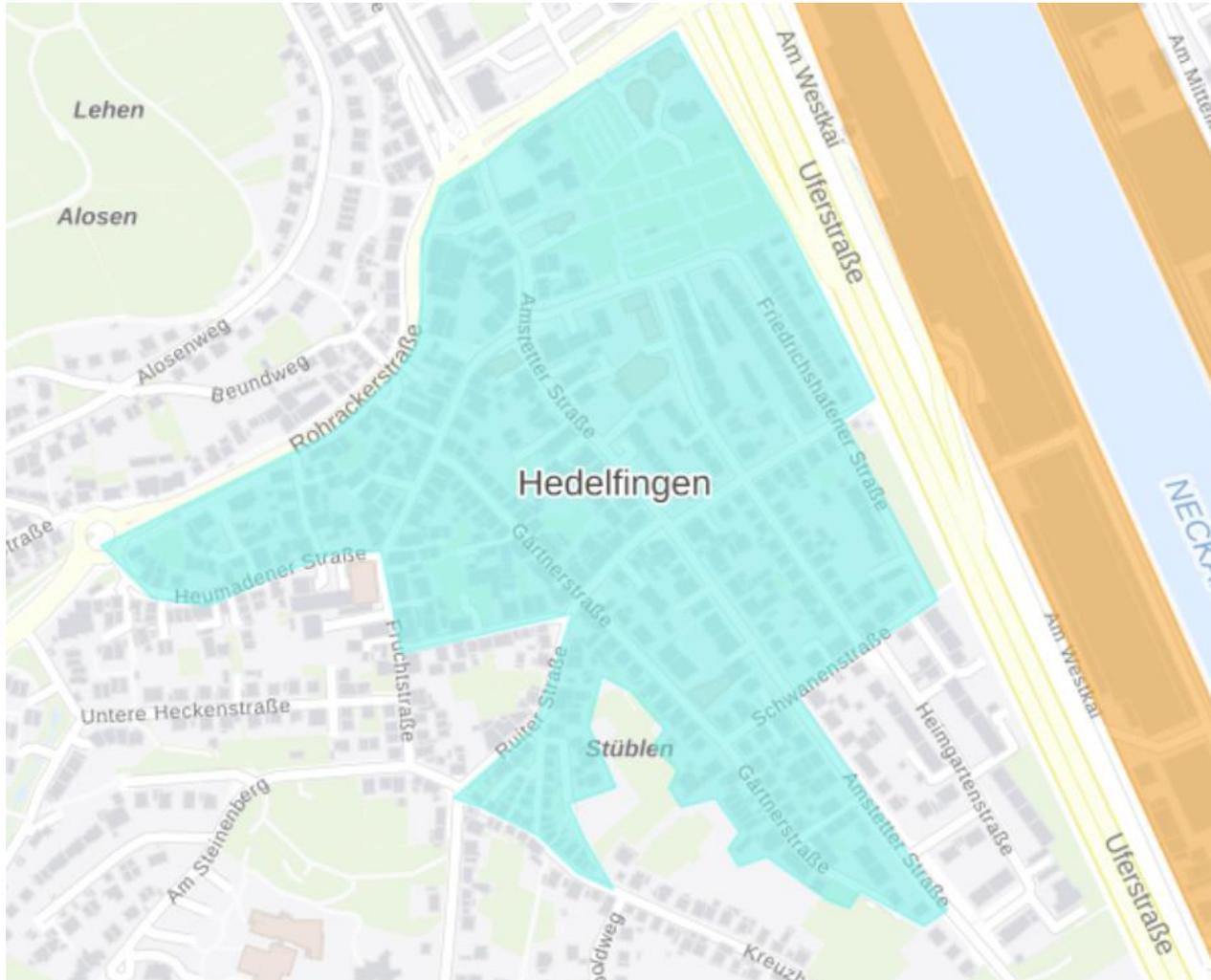
Quelle: <https://www.hotmaps.eu/map>

Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Hedelfingen (2)

Parameter	Werte (Nutzenergie)
Wärmebedarf	52,0 GWh/a
Anzahl Hektarzellen	116
Minimale Wärmedichte	11,0 MWh/ha*a
Maximale Wärmedichte	991 MWh/ha*a
Mittlere Wärmedichte	440 MWh/ha*a

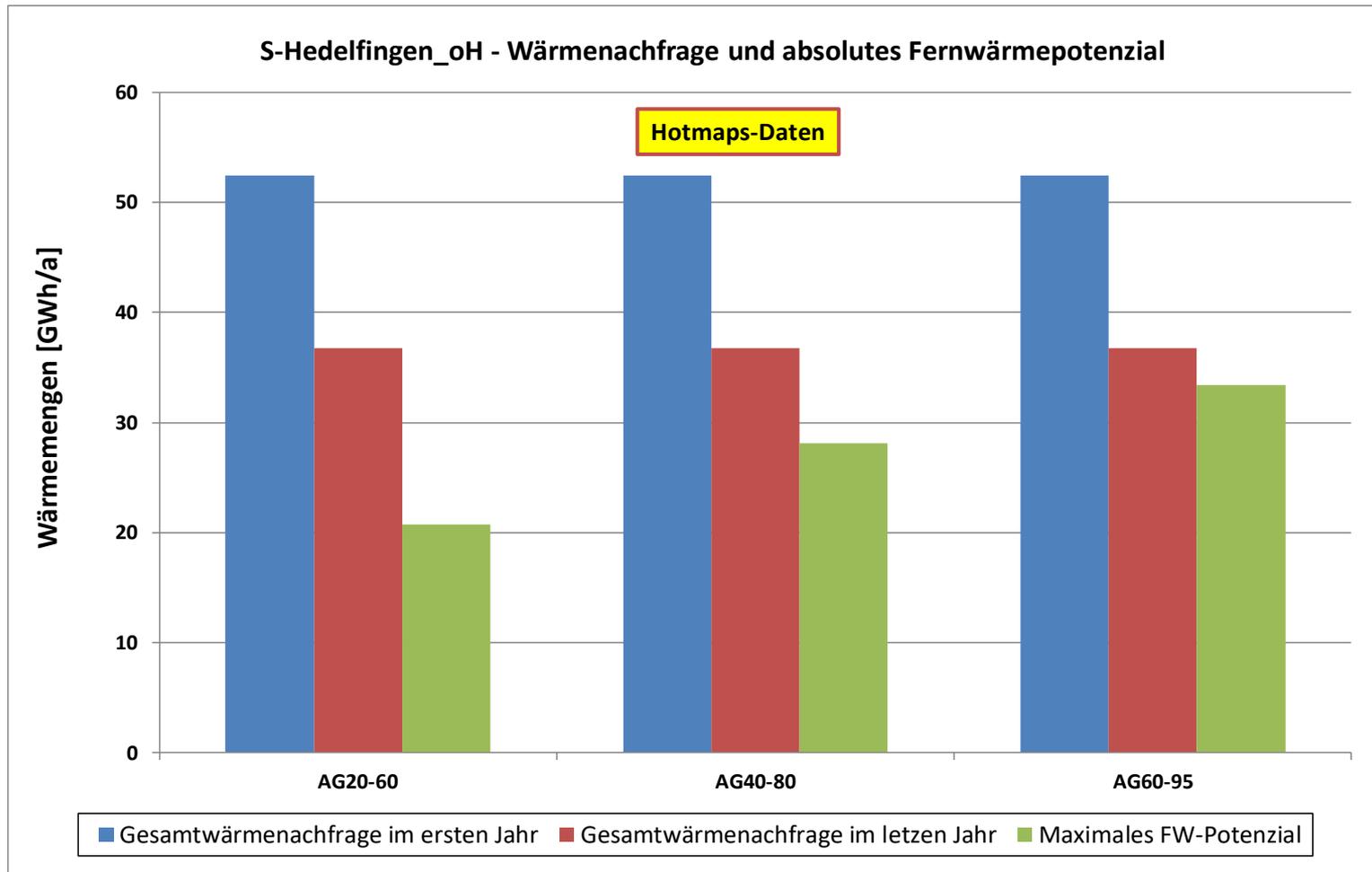
Quelle: <https://www.hotmaps.eu/map>

Stadtbezirk Hedelfingen im KWP Stuttgart



Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Hedelfingen (3)

Fernwärmepotenzial in Abhängigkeit der Einsparung und des Anschlussgrads



Eigene Berechnungen zum Stadtbezirk Hedelfingen (5)

Parameter	Werte
Trassenlänge Wärmenetz (AG 95 %)	28,1 km
Liniendichte 2035	1.187 kWh/m
Zugrunde gelegte AG-Entwicklung	60 % – 95 %
Spezifische Verlegekosten Wärmenetz	1.250 €/m
Investitionskosten Wärmenetz	35.166.000 €
Wärmeverteilungskosten (Invest)	53 €/MWh

Die Berechnung der Trassenlänge basiert auf der Hotmaps-Toolbox und Korrekturfaktoren aus ANSWER-Kommunal

Randbedingungen Wärmeverteilungskosten: 3 % Zins, 30 a Nutzungsdauer; Nettokosten ohne Förderung

Zwischenfazit Stadtbezirk Hedelfingen (1)

Parameter	Quartierssteckbrief Stadtteil Hedelfingen	Stellungnahme zum KWP
Flurstückfläche/Arealfläche	13,9 ha	116 ha
Nutzwärmebedarf heute	12,0 GWh/a	52 GWh/a
Verhältnis der Werte Wärmebedarf heute	4,3	
Wärmedichte heute	863 MWh/(ha*a) Flurstückfläche	440 MWh/(ha*a) Arealfläche
Berechnete Trassenlänge	11,5 km	28 km
Verhältnis Trassenlänge	2,4	
Wärmeverteilungskosten (netto)	75 €/MWh	53 €/MWh

In den Quartierssteckbriefen ist nicht nachvollziehbar, in welchem Verhältnis die Flurstückfläche zur Arealfläche steht, die auch die Verkehrsflächen umfasst

Zwischenfazit Stadtbezirk Hedelfingen (2)

- Wärmeerzeugung: große Flusswasser-WP, eventuell ergänzt um eine große Luft-Wasser-WP
- Option: Anschluss des benachbarten Stadtbezirks Wangen
- Ausstattung Energiezentrale: groß dimensionierter Pufferspeicher; Elektrokessel für Spitzenlast
- Merkmal dieses Wärmenetzes: Verbrauchsschwerpunkt am Ende der Leitung mit der Siedlung Weinklinge im Stadtteil Rohracker

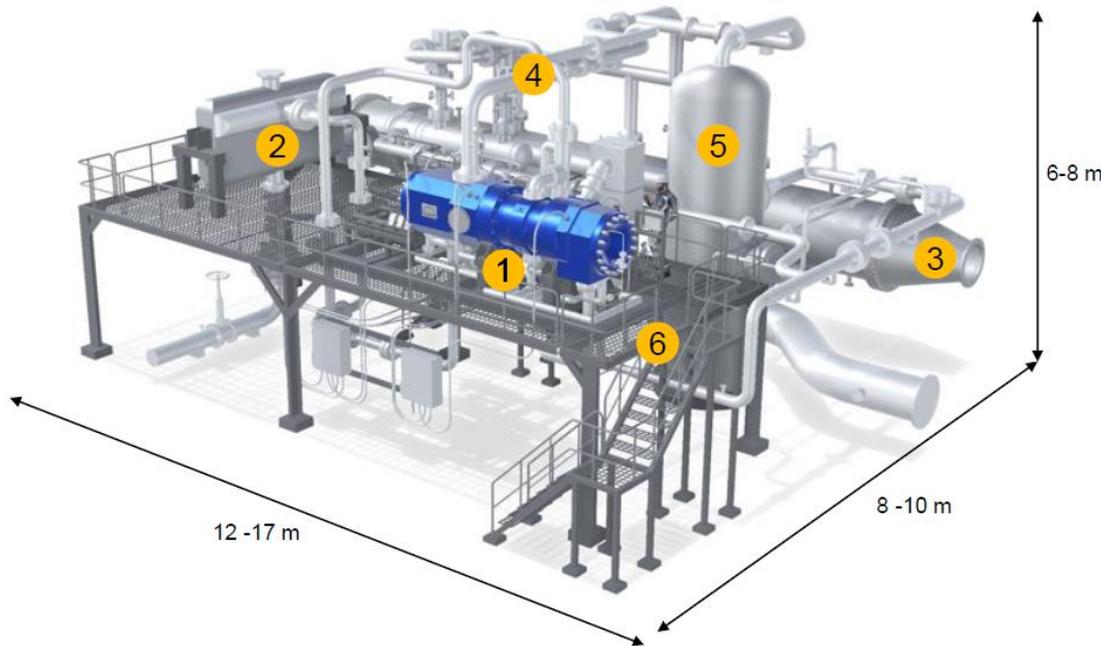
Wärmeverteilungskosten in den drei analysierten Bezirken

Wärmeverteilungskosten inklusive Wartung- und Instandhaltung sowie Pumpenstrom

	Hedelfingen	Degerloch	Zuffenhausen
Verteilkosten Invest Rohre + HÜS	53 €/MWh	50 €/MWh	38 €/MWh
Verteilkosten Wartung+Instandh.	2,4 €/MWh	2,4 €/MWh	2,4 €/MWh
Verteilkosten Pumpenstrom	2,3 €/MWh	2,3 €/MWh	2,3 €/MWh
Summe Wärmeverteilungskosten	58 €/MWh	55 €/MWh	43 €/MWh

Techniken zur Wärmeerzeugung: MAN Energy Solutions (1)

Possible heat-pump layout – MAN-ES delivery



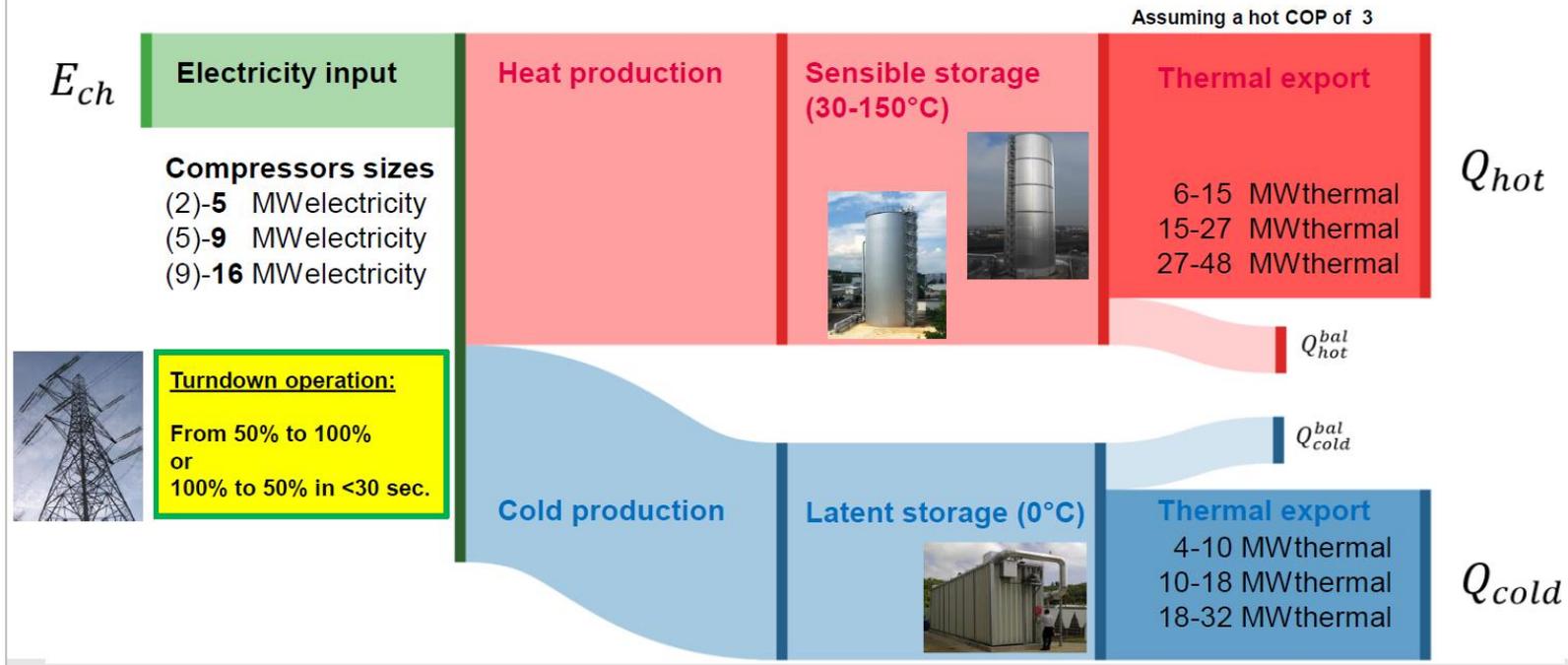
MAN Energy Solutions delivery

1. Motor-Compressor HOFIM® with integrated expander
 2. District Heating Heat Exchanger (Condenser)
 3. Evaporator
 4. Complete piping and valves
 5. CO₂ (R744) separator tank
 6. Steel structure
- +
- Instrumentation, connecting cables
 - DHN water pumps
 - Complete electrical scope
 - Complete control system
 - FAT of main equipment
 - Installation and commissioning
 - On site testing

Quelle: Decorvet, R. (MAN Energy Solutions): Vortrag beim Webinar des Danish Board of District Heating (DBDH) am 08. und 13. Juni 2023 mit dem Thema Rethink your Heat Supply

Große Wärmepumpe von MAN Energy Solutions (2)

Heat & cold production capacities



Installation von 2 Aggregaten mit jeweils 30 MW_{th} in Esbjerg (Dänemark)

Quelle: Decorvet, R. (MAN Energy Solutions): Vortrag beim Webinar des Danish Board of District Heating (DBDH) am 08. und 13. Juni 2023 mit dem Thema Rethink your Heat Supply

Große Luft-Wasser-Wärmepumpe von FENAGY (DK)

FENAGY

FENAGY ist ein mittelständischer Hersteller aus Dänemark



Storage

Evaporators

Controls and SCADA

Machine room

Heat pump rack

Defrost module



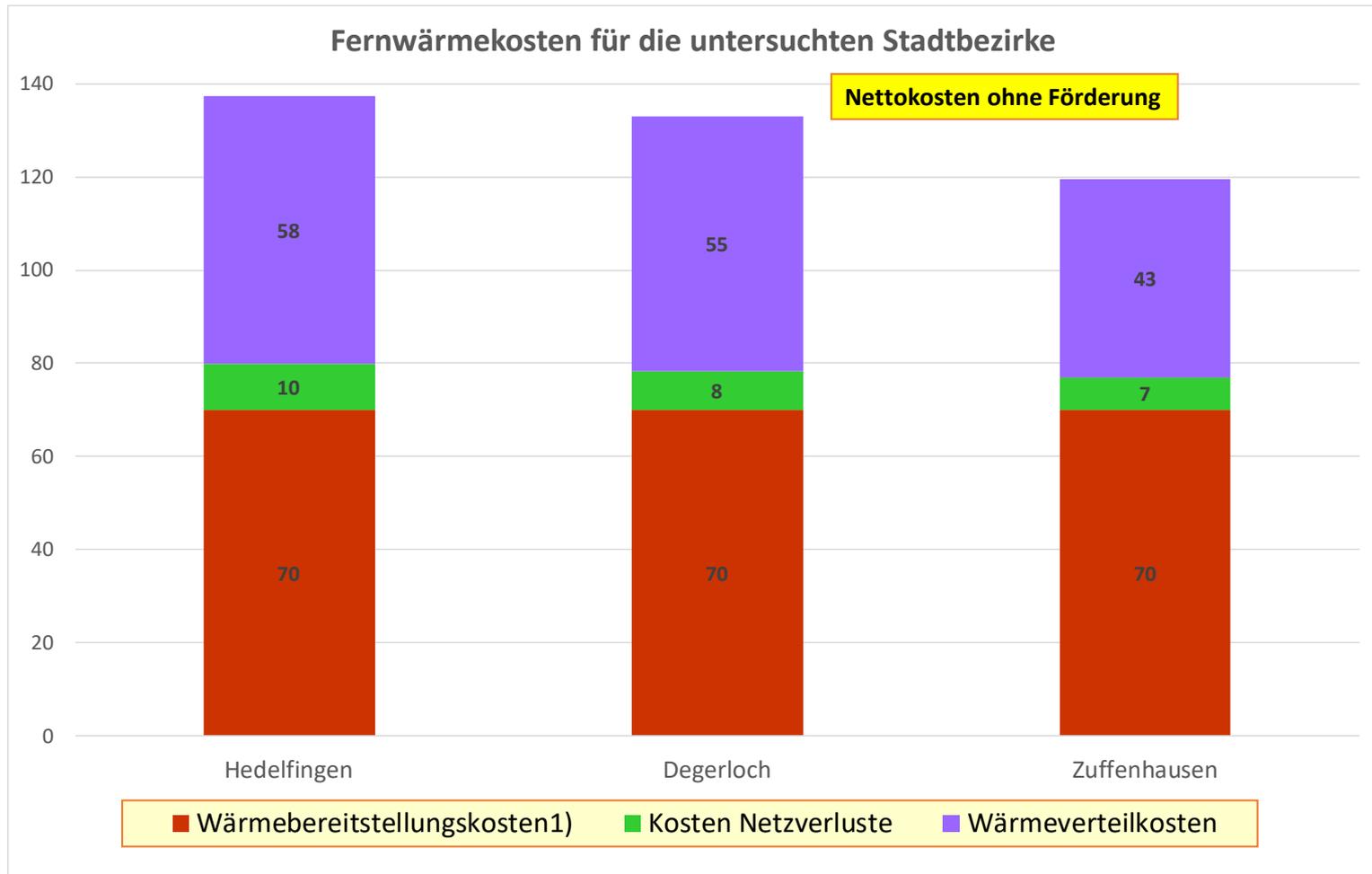
Quelle: FENAGY Company - Vortrag beim Webinar des Danish Board of District Heating (DBDH) am 08. und 13. Juni 2023 mit dem Thema Rethink your Heat Supply

Wärmebereitstellungskosten der Groß-Wärmepumpen

	MAN Energy Solutions		FENAGY	
Leistung	30,0 MW _{th}	30,0 MW _{th}	2,6 MW _{th}	2,6 MW _{th}
Volllaststunden	5.000 h/a	5.000 h/a	5.000 h/a	5.000 h/a
Lebensdauer	> 35 a	> 35 a	20 a	20 a
JAZ	3,0	3,5	3,0	3,5
Spez. Invest	850 €/kW	850 €/kW	900 €/kW	900 €/kW
Stromkosten	150 €/MWh	150 €/MWh	150 €/MWh	150 €/MWh
Wärmekosten	61,4 €/MWh	54,2 €/MWh	64,5 €/MWh	57,4 €/MWh

Randbedingungen Wärmekosten: 3 % Zins, 30 a Nutzungsdauer (MAN), 20 a Nutzungsdauer (FENAGY);
Nettokosten ohne Förderung

Fernwärmekosten in den 3 Bezirken (eigene Analysen)



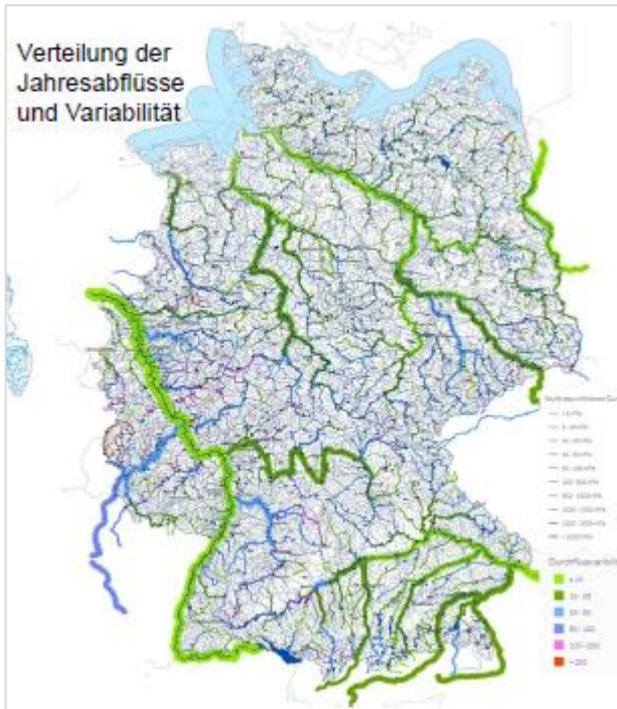
¹⁾Berücksichtigung zusätzlicher Kosten für thermische Speicher und E-Kessel zur Spitzenlastherzeugung (pauschale Abschätzung)

Wärmekosten der Wärmenetze im KWP-Stuttgart

	Hedelfingen	Degerloch-Mitte	Zuffenhausen-Mitte
Invest Wärmenetz	14,4 Mio. €	17,1 Mio. €	42,6 Mio. €
Wärmeverteilkosten	75 €/MWh	43 €/MWh	59 €/MWh
Inv. Energiezentrale	13,1 Mio. €	15,9 Mio. €	27,3 Mio. €
Wärmeerzeugung (Invest + O&M)	102 €/MWh	59,5 €/MWh	56 €/MWh
Wärmeerzeugung Strom für WP	47 €/MWh	47 €/MWh	47 €/MWh
Kosten Netzverluste	14,9 €/MWh	10,6 €/MWh	10,3 €/MWh
Fernwärmekosten	239 €/MWh	160 €/MWh	172 €/MWh

Kostenunterschiede zur vorherigen Folie: Skalierungseffekte bei Energiezentralen
 Anmerkung: Kosten für Energiezentrale Hedelfingen im KWP extrem hoch!

EE-Potenziale – Beispiel: Flusswasserwärme aus dem Neckar



Stadt	Einwohner	Fließgewässer	Wärmeleistung [MW]	Wärme-erzeugung [MWh]
Berlin	3.677.472	Spree, Havel, Panke, Dahme	815	4.148.243
Hamburg	1.853.935	Elbe	7.220	36.733.243
München	1.487.708	Isar	631	3.209.907
Köln	1.073.096	Rhein	19.469	99.060.714
Frankfurt a.M.	759.224	Main	2.106	10.713.863
Stuttgart	626.275	Neckar	545	2.773.127
Düsseldorf	619.477	Rhein	19.887	101.186.481
Leipzig	601.866	Weißer Elster, Pleiße, Parthe	250	1.272.144
Dortmund	586.852	Ruhr, Emscher	763	3.881.649
Essen	579.432	Ruhr, Emscher	829	4.217.521
Bremen	563.290	Weser	3.568	18.154.045
Dresden	555.351	Elbe	3.317	16.878.585
Hannover	535.932	Leine, Ihme	553	2.814.515
Nürnberg	510.632	Pegnitz	111	565.454
Duisburg	495.152	Rhein	19.887	101.186.481

Quelle: Seidel, C.; Ostermann, L.; Wüchner, R.: Grüne Nah- und Fernwärme aus Fließgewässern; Technische Universität Braunschweig, Insitut für Statik und Dynamik, isd@tu-braunschweig.de

**Neckarwärme im KWP Stuttgart: Insgesamt 5 Quartiere mit 72 GWh (WB 2035)
Hedelfingen, Wangen, Untertürkheim, Hofen, Münster**

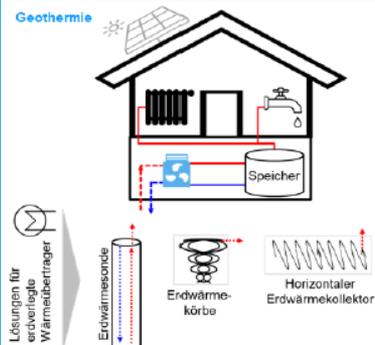
Neckarwärme bei EnBW: Bau einer 20 MW Flusswasser-WP in Mühlhausen

Technik-Steckbriefe für Gebiete mit Einzelversorgung



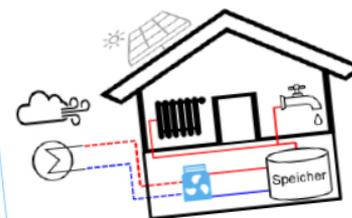
Steckbriefe für Einzelversorgungsgebiete

Sole-Wasser-Wärmepumpe – mit Geothermie

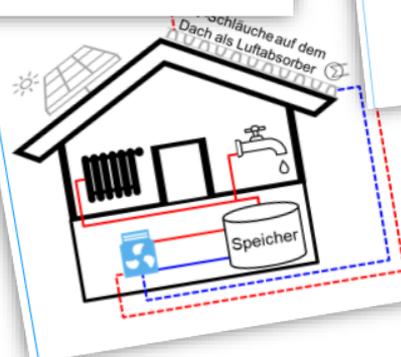


Technologie	Wärmepumpe
Quelle	Lokale Geothermie
Benötigte Quelltemperatur	-10 - 10 °C
Mögliche Vorlauftemp.	>85 °C
Einsatzgebiete	Ein- und Mehrfamilienhäuser bis 15 WE
Förderung	Bundesförderung effiziente Gebäude – Sanierung Wohngebäude (25-30%) Stuttgarter Wärmepumpenprogramm bis 10.000€
Besonderheiten	Empfehlung: Mit Dachphotovoltaik kombinieren

Luft-Wasser-Wärmepumpe – Splitgerät, außen nur Wärmeübertragung



Technologie	Wärmepumpe
Quelle	Luft
Benötigte Quelltemperatur	-6 °C
Mögliche Vorlauftemp.	55 °C
Einsatzgebiete	Ein- und Mehrfamilienhäuser bis 4 WE
Förderung	Bundesförderung effiziente Gebäude – Sanierung Wohngebäude (25-30%) Stuttgarter Wärmepumpenprogramm bis 5.000€
Besonderheiten	Einhaltung der TA-Lärm beachten Geeigneter Aufstellort (Abstände zur Grundstücksgrenze beachten) Empfehlung: Mit Dachphotovoltaik kombinieren



Förderung	Sanierung Wohngebäude (25-30%) Stuttgarter Wärmepumpenprogramm bis 5.000€
Besonderheiten	- Absorberschläuche in der Regel dachverlegt - Wärmepumpe kann im Keller stehen => reduzierte Lärmmissionen - Empfehlung: Mit Dachphotovoltaik kombinieren

Quelle: Folie 44 des Vortrags von Dr. Görres „Vorstellung Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung vom 29. September 2023 (Ausschuss für Klima und Umwelt)

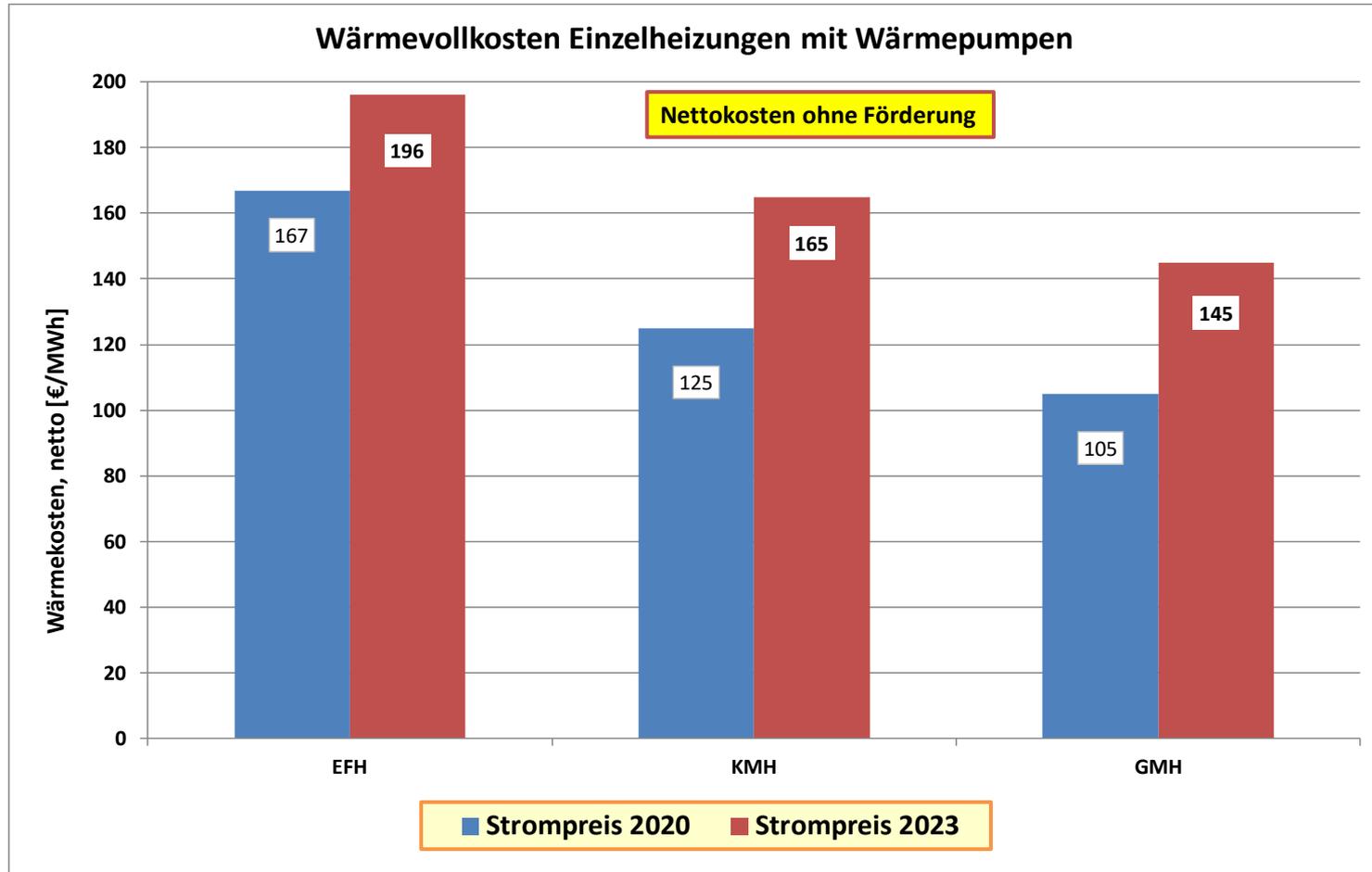
Fragen und Anmerkungen zu den Technikooptionen (1)

- **Luft-Wasser-WP, Monoblock innen:** Wie ist es möglich in einem Bestandsgebäude die erforderliche Luftmenge für den Betrieb einer Luft-Wasser-WP in den Heizraum zu transportieren? Welche Umbauten wären dafür erforderlich?
- **Sole-Wasser-WP, Erdsonden:** Wo in Stuttgart ist es möglich auf dem Grundstück eines MFH in ausreichender Zahl Erdsonden zu bohren, die bei denen gleichzeitig auch noch der Mindestabstand zum Nachbargrundstück eingehalten wird?
- **Sole-Wasser-WP, Erdkollektoren:** Wo in Stuttgart können bei den beengten Platzverhältnissen auf vielen Grundstücken Erdkollektoren für Sole-Wasser-Wärmepumpen verlegt werden?

Fragen und Anmerkungen zu den Technikooptionen (2)

- **Sole-Wasser-WP mit PV-T:** Wie kann beim Einsatz von PV-T-Kollektoren auf dem Dach die erwärmte Luft in den Heizkeller eines MFH im Bestand mit 15 WE transportiert werden? Welche Dimension benötigen die dafür erforderlichen Luftkanäle, in Anbetracht dessen, dass die volumenbezogene Wärmekapazität von Luft um mehr als den Faktor 3.000 geringer ist als bei Wasser?
- **Sole-Wasser-WP mit Absorberschläuchen (Dach):** Dieselbe Frage wie oben ist beim Einsatz von Absorberschläuchen in Verbindung mit einer Luft-Wasser-WP im Heizkeller zu stellen.
- **Allgemein:** In diesem Steckbrief fehlen jegliche Kostenangaben zu den beschriebenen Optionen mit Einzelwärmepumpen:
 - Investitionskosten WP+Speicher; Wartung+Instandhaltung
 - Jährlicher Strombedarf; jährliche Stromkosten; Wärmevervollkosten

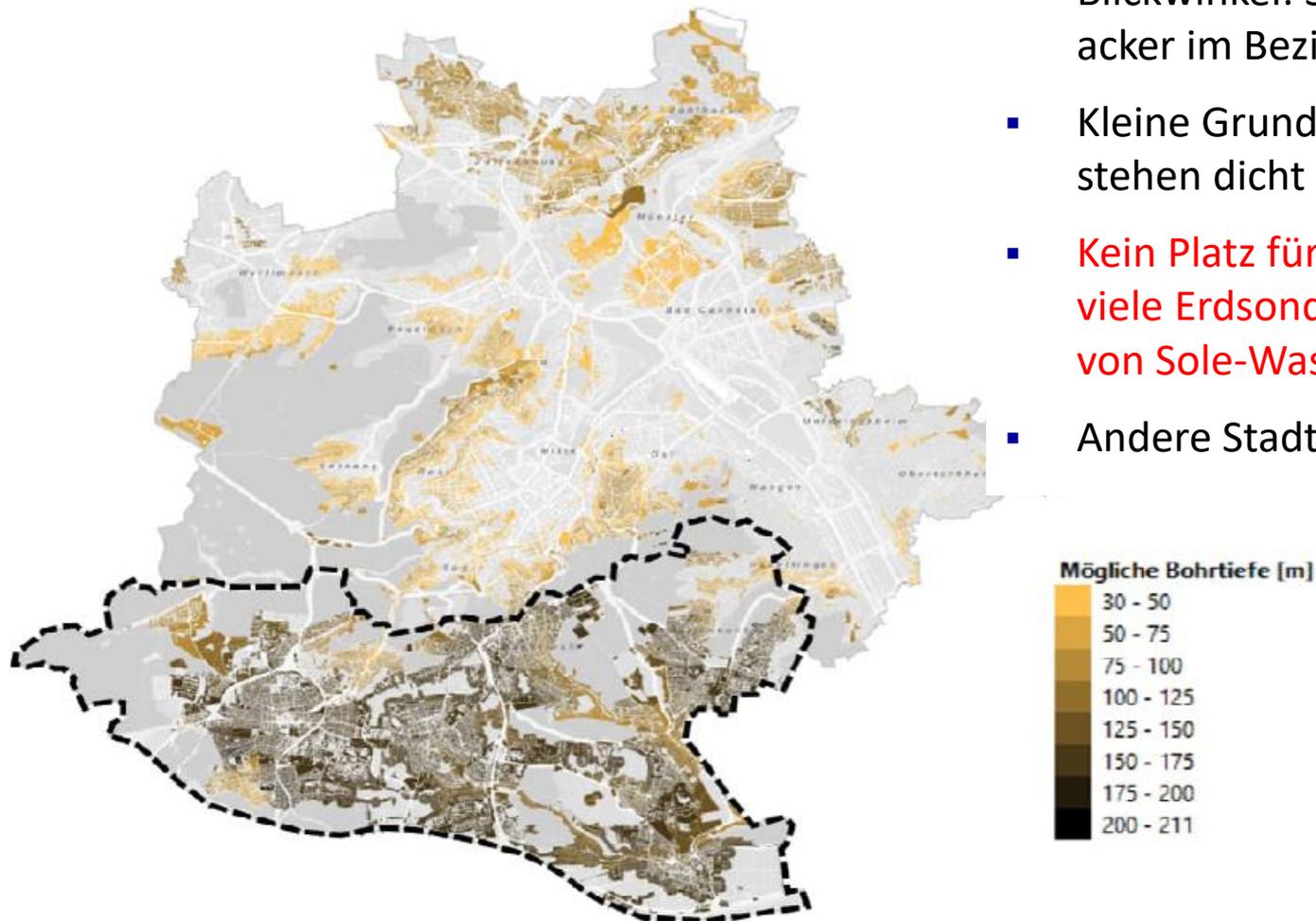
Wärmevollkosten Einzelversorgung mit WP



Die Kostendaten für die Anlagentechnik stammen aus dem Technikkatalog BW der KEA-BW
Berechnungen mit Strompreis 2020 erfolgten im Projekt ANSWER-Kommunal

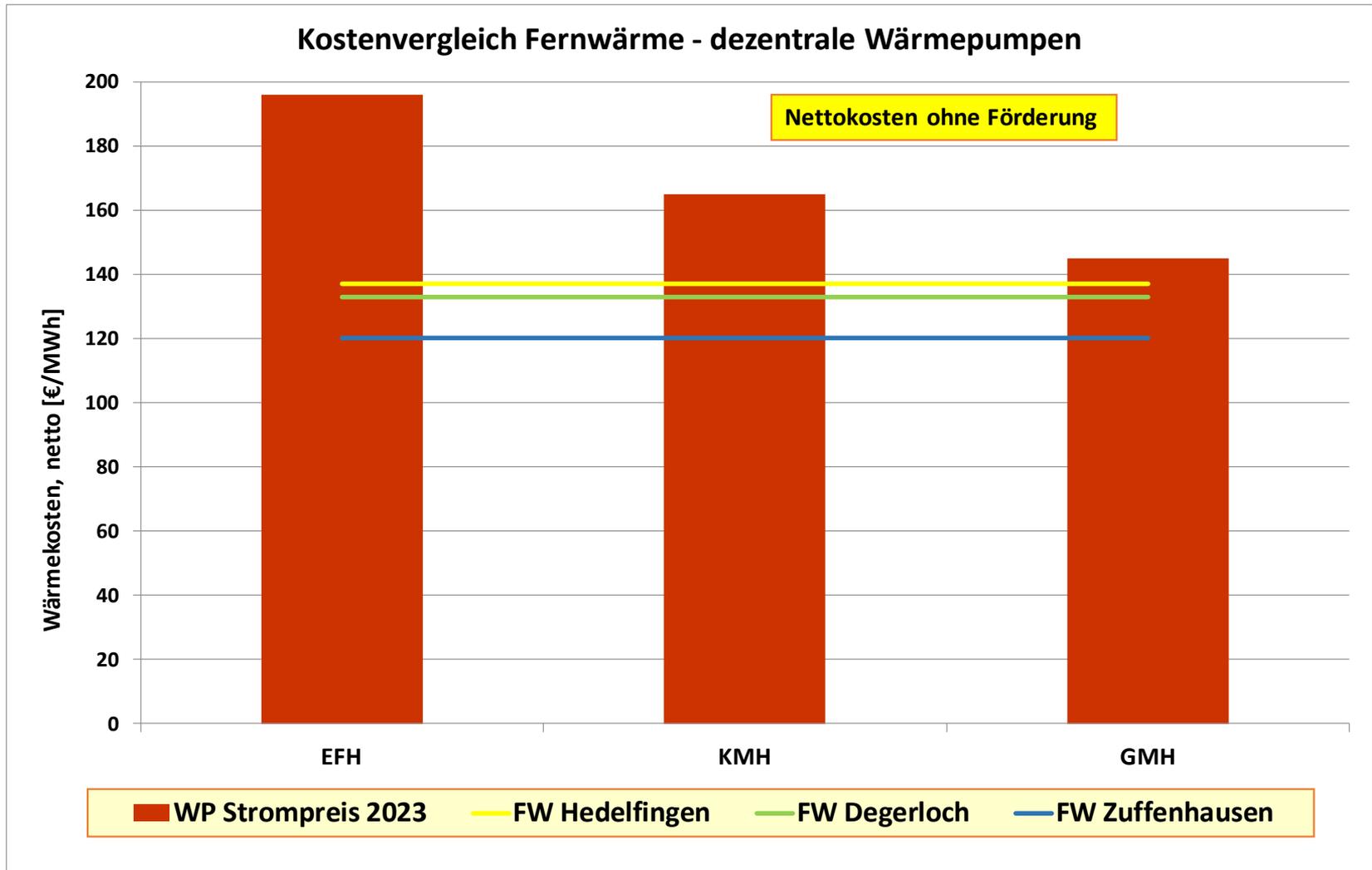
Steckbrief Einzelversorgung südliches Stuttgart

Mögliche Bohrtiefen für Geothermienutzung



- Blickwinkel: Stadtteil Rohracker im Bezirk Hedelfingen
- Kleine Grundstücke, Gebäude stehen dicht beieinander
- **Kein Platz für ausreichend viele Erdsonden zum Betrieb von Sole-Wasser-WP**
- Andere Stadtbezirke?

Zusammenfassung – Kostenvergleich FW vs. dezentral



Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (1)

- Berücksichtigung der Eigentümerstrukturen bei der Zonierung in Eignungsgebiete ist nicht zielführend
- Potenzial für Wärmenetze auf Basis der Wärmedichtevertelung muss möglichst weitgehend ausgeschöpft werden → Systemdienlichkeit
- Größere und ausgedehnte Wärmenetzgebiete bieten mehr Möglichkeiten zum Finden von Standorten für Energiezentralen
- Mehr Optionen für die Einbindung verschiedener Wärmequellen und positive ökonomische Skalierungseffekte sind die Folge → niedrigere Fernwärmekosten!
- Die Umsetzung bei den Wärmenetzen erfolgt schrittweise in Einzelprojekten. Ziel ist dabei ein großer Wärmeverbund mit mehreren Einspeisepunkten
- Bestehende Netze müssen dabei von Anfang an integriert werden

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (2)

- Das Potenzial für Flusswasserwärme aus dem Neckar ist sehr hoch, wird im KWP aber nur zu geringen Teilen genutzt
- Eine frühzeitige Standortplanung und Standortsicherung für Flusswasser-WP innerhalb der Stadtgemarkung ist unabdingbar
- Die Freiland-Solarthermie wurde im KWP bislang nicht berücksichtigt. Vor allem für die Stadtbezirke auf der Filderebene ist dies notwendig
- Eine Neubewertung des Potenzials für Abwärme aus Gewerbe und Industrie erscheint erforderlich: Auch ein Abwärmestrom mit 20°C kann mit einer WP genutzt werden (Bezug auf Folie 11, Vortrag Dr. Görres: Bemerkung zur Industrie-Abwärme)

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (3)

- Ist die zum Teil flächendeckende Einzelversorgung mit dezentralen WP überhaupt machbar? → Muss im KWP nachgewiesen werden
- In den Steckbriefen zur Einzelversorgung muss die Funktionsweise der verschiedenen Systeme nachvollziehbar erklärt werden
- Für typische und repräsentative Fälle sind aussagekräftige Kostenrechnungen erforderlich
- Das Ziel dabei ist ein belastbarer Kostenvergleich zwischen Fernwärme und dezentraler Einzelversorgung (Nettokosten o. Förderung)
- Veröffentlichung zusätzlicher hochauflösender Karten auf der Wärmewende-Website der Stadt:
 - Wärmedichtekarte auf Basis eines Hektarrasters
 - Karte mit möglichen Bohrtiefen für Erdsonden

Anhang

Nummerierung der neuen Netze in den Quartierssteckbriefen

1	Bad Cannstatt - Birkenäcker
2	Bad Cannstatt - Mitte
3	Bad Cannstatt - Neckarpark
4	Bad Cannstatt - Seelberg
5	Bad Cannstatt - Steinhaldenfeld
6	Bad Cannstatt - Winterhalde
7	Botnang - Franz-Schubert-Straße
8	Degerloch - Mitte
9	Degerloch - Waldau
10	Feuerbach - Ost
11	Feuerbach - Wiener Platz
12	Feuerbach
13	Hedelfingen
14	Mitte - Lehen+Dobel
15	Möhringen - Fasanenhof
16	Möhringen - Mitte
17	Möhringen - Synergiepark
18	Mühlhausen - Hofen
19	Mühlhausen
20	Münster 2050
21	Münster

22	Nord - Bürgerhospital
23	Obertürkheim
24	Ost - Berg
25	Ost - Gablenberg
26	Ost - Gaisburg
27	Ost - Ostheim
28	Plieningen
29	Sillenbuch - Heumaden-Süd
30	Stammheim - Süd
31	Süd - Heschlach
32	Untertürkheim
33	Vaihingen - Dürrolewang
34	Vaihingen - Mitte
35	Weilimdorf - Giebel
36	Weilimdorf - Hausen
37	Weilimdorf - Mitte
38	West - Bebelstraße
39	Zuffenhausen - Böckinger Straße
40	Zuffenhausen - Rotweg
41	Zuffenhausen - Stadtbad
42	Zuffenhausen - Mitte

GIS-Trassierung und Ableitung von Netzkennwerten

Untersuchung in ANSWER-Kommunal: Erstellen von Netztrassen mit Hilfe von GIS-Methoden und anschließende Analyse der Häufigkeitsverteilungen der Trassenlängen auf der Basis eines Hektarrasters

Häufigkeitsverteilungen	12 Kommunen in BW		5 Kommunen in RP	
	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
Trassenlänge Hauptleitungen	134 m	128 m	136 m	128 m
Trassenlänge Gesamttrasse (HL+HAL)	211 m	210 m	208 m	204 m
Trassenlänge Hausanschlussleitungen	10,7 m	8,7 m	9,8 m	7,9 m
Anzahl Hausanschlüsse pro Hektarzelle	8,3	7,0	8,8	8,0

Die Tabelle zeigt die Ergebnisse für Kommunen in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Die Mittelwerte für die Gesamttrasse liegen mit 211 m und 208 m pro Hektarkachel sehr dicht beieinander.

Schlussfolgerungen für die Stadt Stuttgart

Abschätzung für Stuttgart:

11.565 Hektarzellen (HM-Toolbox)

Annahme: 10 % mit TL = 0

Trassenlänge 1: 2.200 km

Trassenlänge 2: 1.760 km (80 %)

- Anwendung der Kennwerte auf Stuttgart: Gesamtpotenzial 2.200 km
- Wenn 20 % für die Einzelversorgung wegfallen, bleiben 1.760 km
- Das EnBW-Netz hat heute eine Trassenlänge von 280 km, bei angestrebter vollständiger Nachverdichtung vielleicht 420 km
- Der Kommunale Wärmeplan Stuttgart sieht derzeit den Bau von Netzen mit 320 km Trassenlänge vor
- Das ergibt ein Potenzial von 1.000 km Netztrasse in Stuttgart, das bisher bei der Wärmeplanung nicht berücksichtigt wurde

Forschungsprojekt ANSWER-Kommunal

- An mehreren Stellen dieser Stellungnahme wird auf den Ergebnisbericht des Projekts ANSWER-Kommunal verwiesen
- Bei Bedarf kann er von der Homepage der KEA-BW unter folgendem Link heruntergeladen werden:

https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/ANSWER-Kommunal_Ergebnisbericht.pdf