

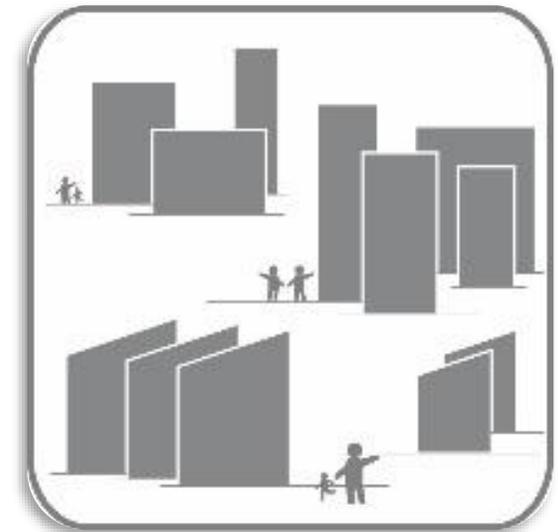
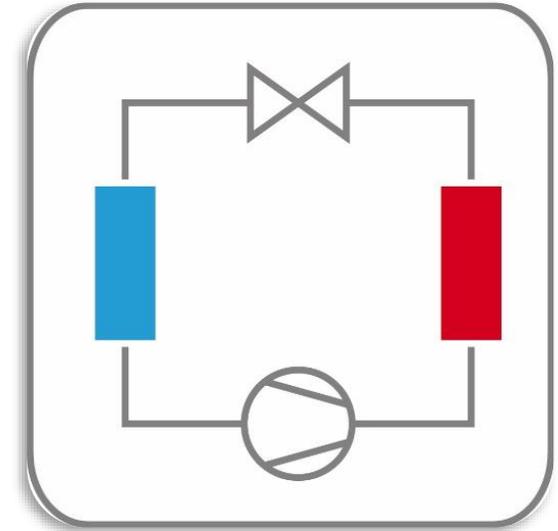
Diese Unterlagen sind ausschließlich für den persönlichen Gebrauch durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops „Wärmepumpen in der Quartiersversorgung“ vom 22.05.2024 bestimmt.

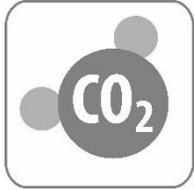
In diesen Unterlagen ist z. T. geistiges Eigentum Dritter in zitierender Weise wiedergegeben, weshalb eine unrechtmäßige Weiterverbreitung dieser Unterlagen neben ideellen auch finanzielle Schäden nach sich ziehen kann, für die der Verursacher haftbar gemacht wird.

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.

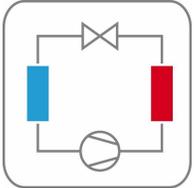
Wärmepumpen in der Quartiersversorgung

Franziska Bockelmann und Ann-Kathrin Dreier





- aktueller CO₂-Ausstoß von 7,75 t/a pro Person (energiebezogen - Strom und Wärme)
 - 1 t/a pro Person = klimaverträglich -> Reduktion um ~ 90 % notwendig
 - zur Erreichung der Klimaneutralität ist ein großer Beitrag an Emissionsminderung im Haushaltssektor erforderlich und auch möglich!



- Kopplung von Wärme- und Stromsektor durch den Einsatz von Wärmepumpen - Quartierslösungen
 - größerer Planungsaufwand, Beachtung von Randbedingungen erforderlich
 - viele Herausforderungen: Wärmequelle, Stromsektor, Übertragbarkeit, ...
 - Großwärmepumpen:
 - Rahmenbedingungen und Voraussetzungen sind gegeben
 - technische Komponenten sind vorhanden - individuelle Lösung jedoch erforderlich / Planungsaufwand (teurer als Serienprodukte)
 - Modulsystem bis 3 MW und bis 130°C realisierbar

1. Einbindungsmöglichkeiten von Wärmepumpen in Quartieren

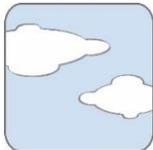
Energiequelle



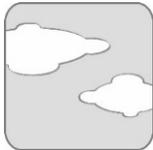
Erdreich



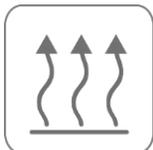
Wasser



Außenluft

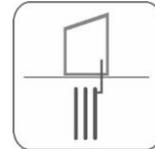


Abluft



Abwärme

Energieüberträger



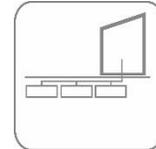
Erdwärmesonden



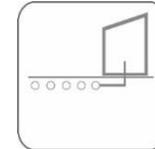
Spiralsonden



Erdwärmekörbe



Grabenkollektor



Flächenkollektor/
Agrothermie



Energiepfähle



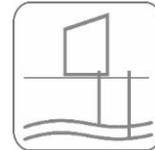
Erdreich Wärmetauscher



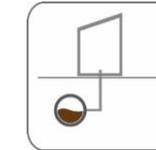
e-Tank ®



Wärmehrohr
(Phasenwechsel)



Brunnen



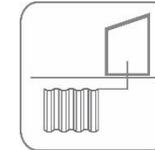
Abwassertauscher



Überträger
für offene
Gewässer



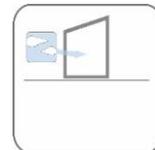
Eispeicher



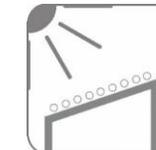
Spundwand



offenes Gewässer



Außenluftverdampfer

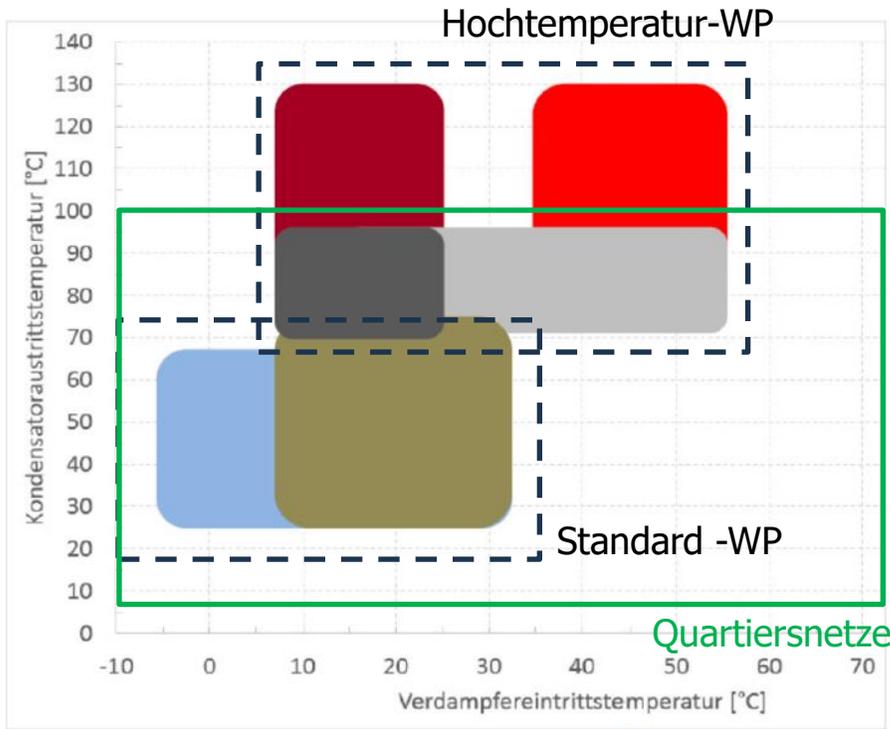


Luftabsorber



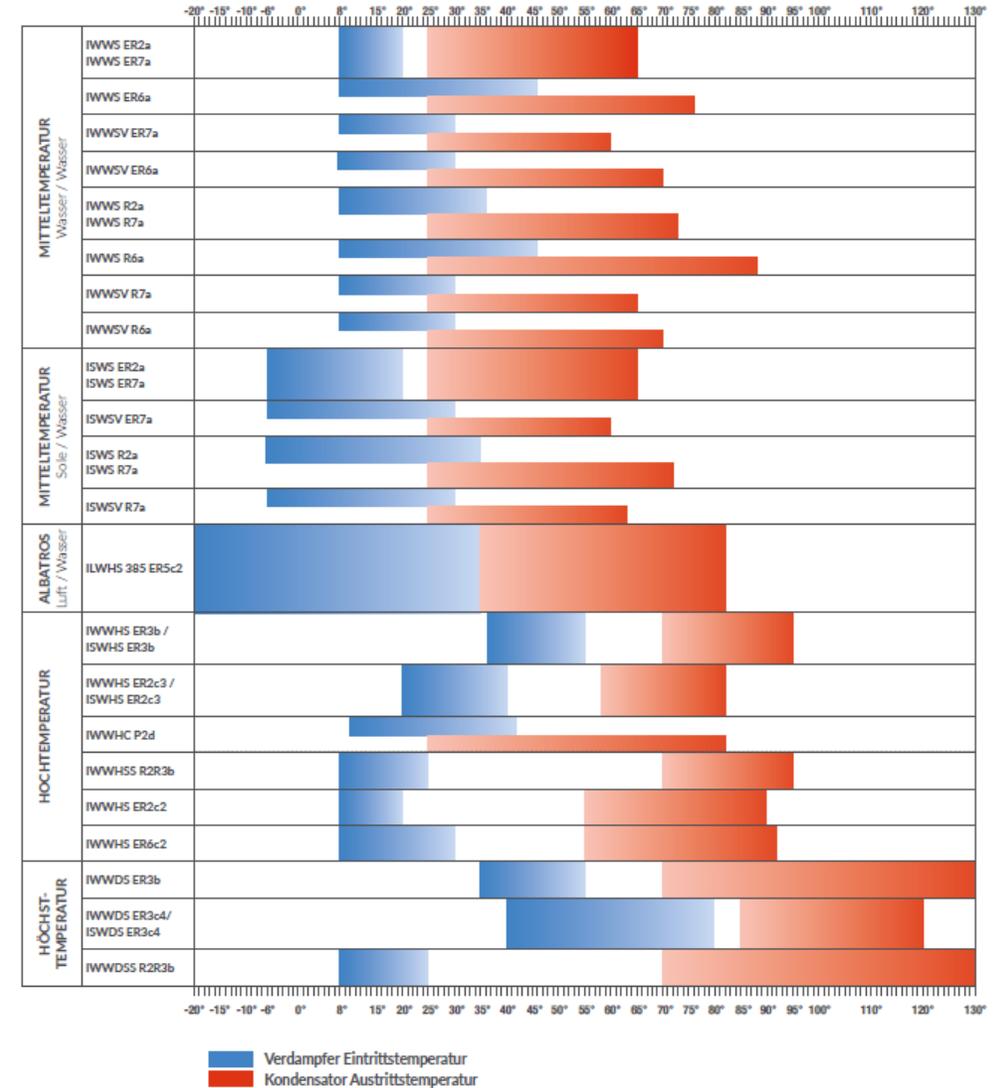
Abluft-WP

Einsatzbereiche / -grenzen von Wärmepumpen

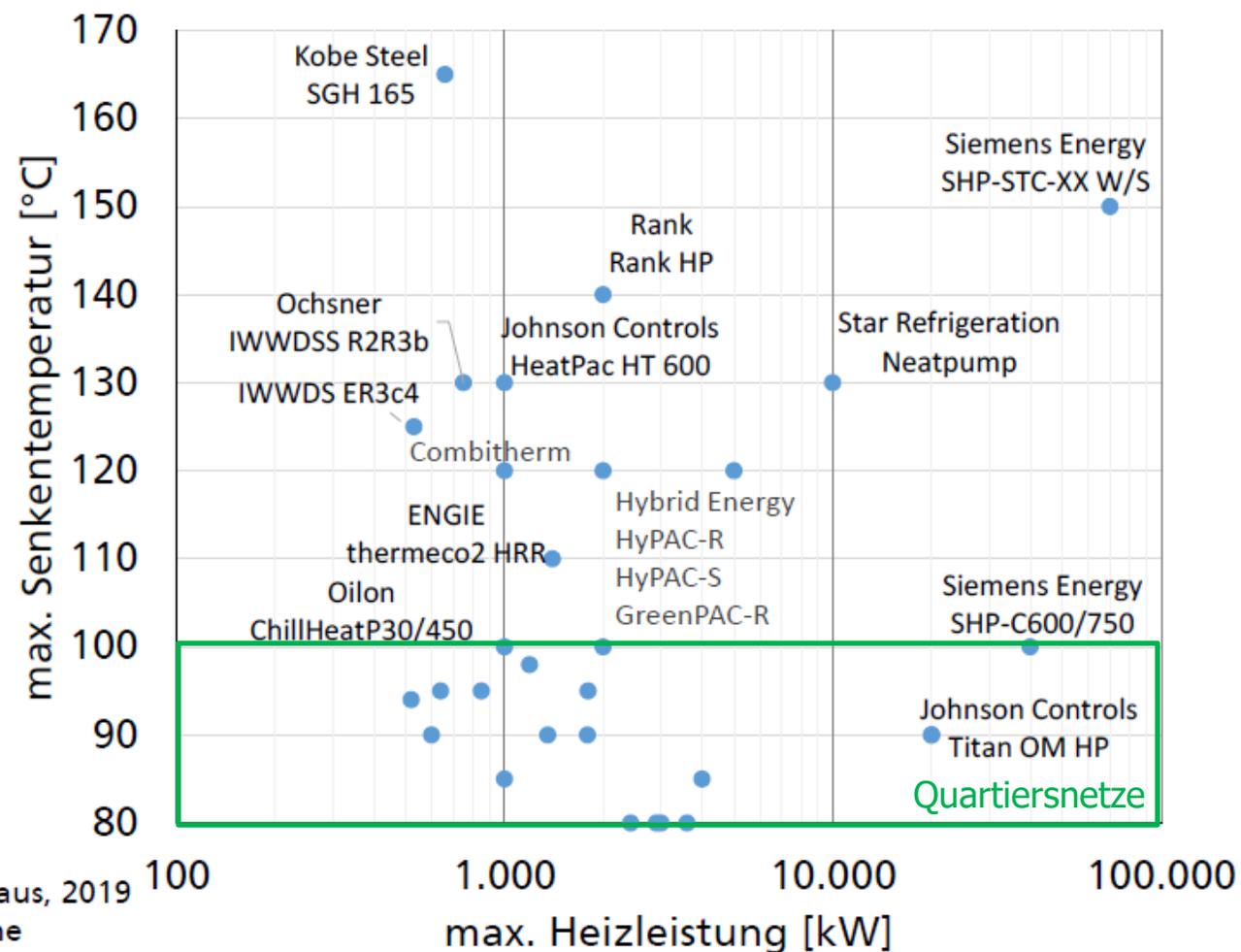


- 1-stufige Höchsttemperatur WP
- 2-stufige Höchsttemperatur WP
- 1-stufige Hochtemperatur WP
- 2-stufige Hochtemperatur WP
- Wasser Mitteltemperatur WP
- Sole Mitteltemperatur WP

Leistungen bis 2 MW



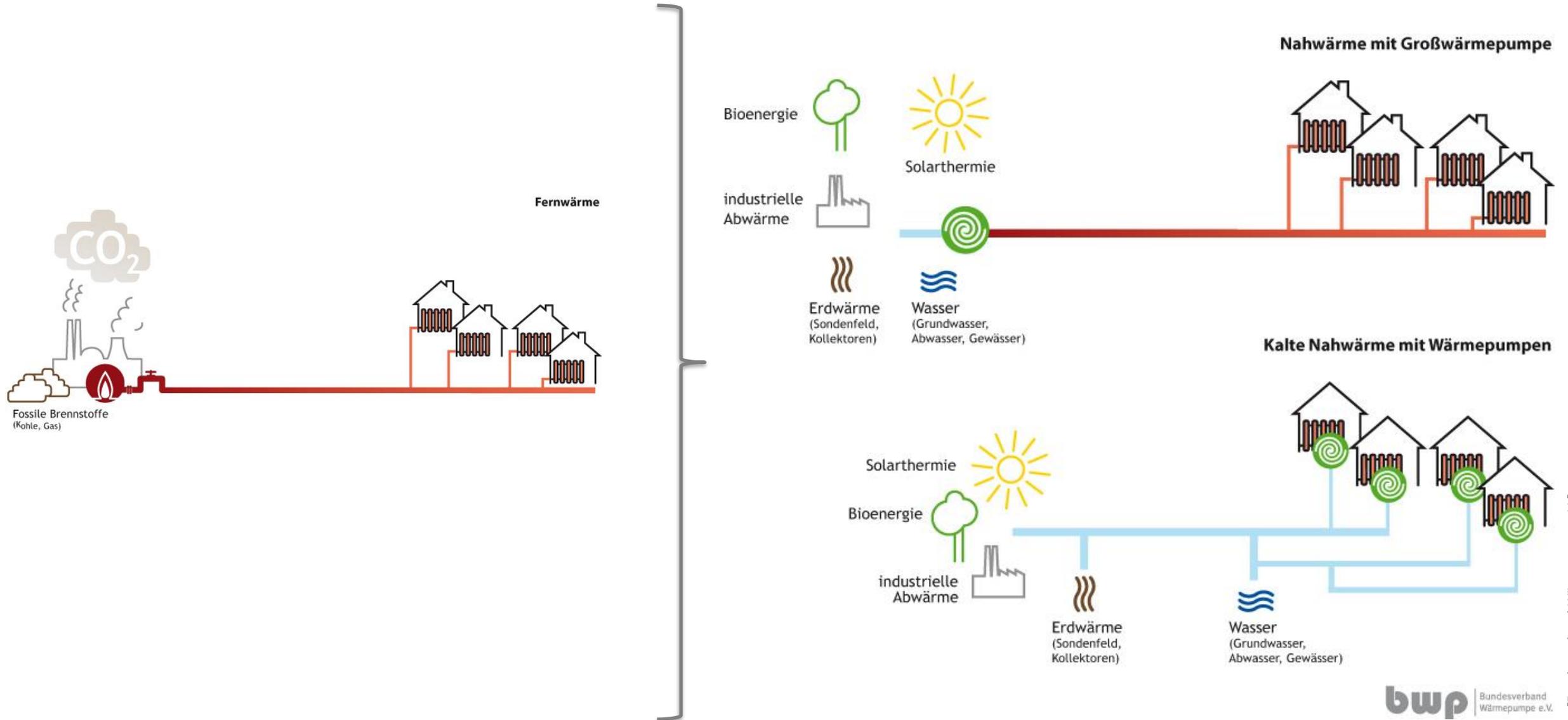
- Wenige Hersteller für Temperaturen oberhalb 100°C
- Ab 150°C: Prototypenstatus
→ Industriebedarf bis 200°C noch nicht vollständig bedienbar
- Wärmepumpen in großen Leistungsklassen (bis 70 MW) verfügbar



[C. Arpagaus, 2019
und eigene
Internetrecherche]

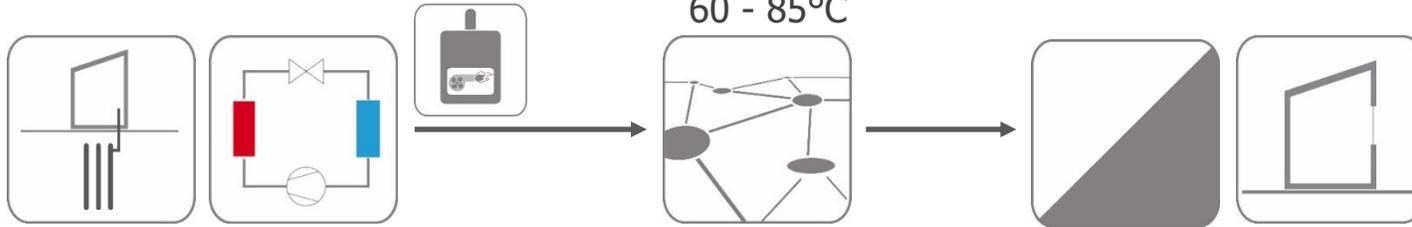
[Fraunhofer IEG]

Wärmenetze als Wärmesenke und -quelle für WP



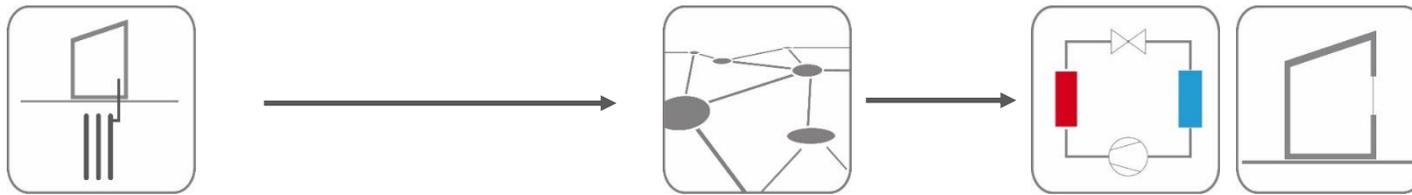
Netztypologie

Nahwärmenetz



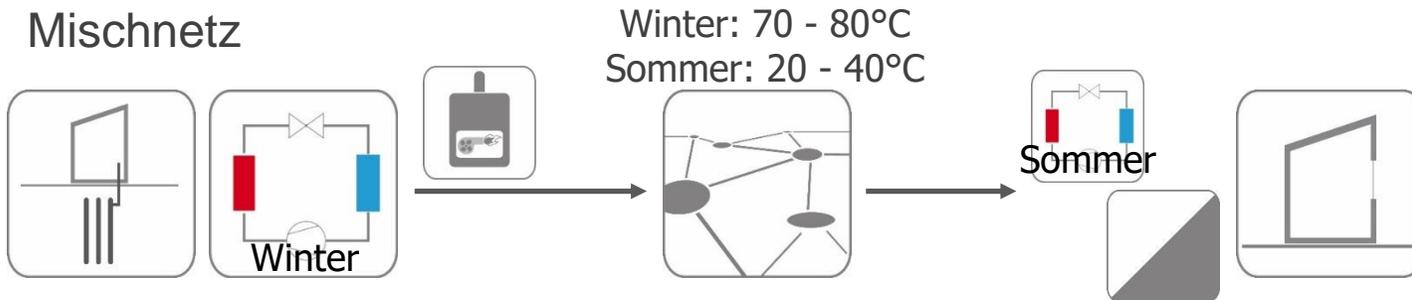
Bestandsquartier
Wohn- und Mischgebiet

Kaltes Nahwärmenetz



Neubauquartier
Wohngebiet
unsichere Bedarfsstruktur und Erweiterungen

Mischnetz



Bestandsquartier
Wohn- und Mischgebiet
vorh. Netz
Anpassung Bedarfsstruktur und Erweiterungen

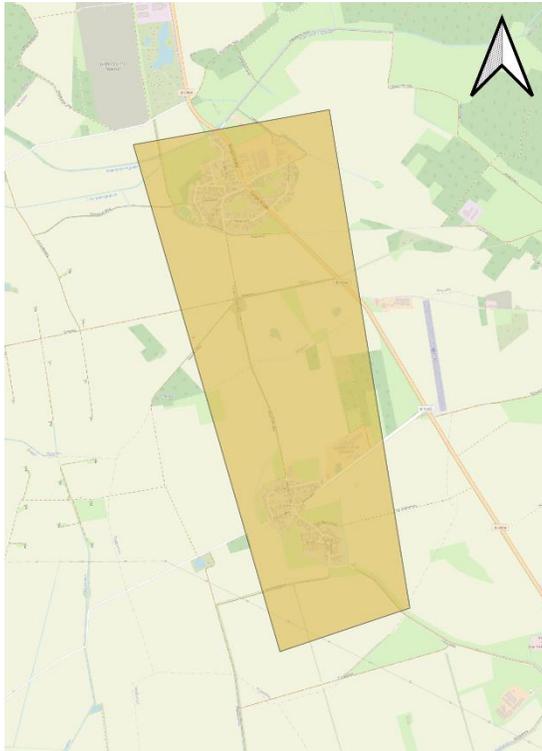
	Nahwärmenetz	Kaltes Nahwärmenetz	Mischnetz
Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> • Hausübergabestation • Konventionelles Heizsystem (hohe Vorlauftemperaturen) • Warmwasser / Speichersystem 	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmepumpe • Niedertemperaturheizsystem • Warmwasser / Speichersystem 	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmepumpe • Hausübergabestation • Konventionelles Heizsystem (hohe Vorlauftemperaturen) • Warmwasser / Speichersystem
Wärme- erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> • zentrale Wärmepumpe (Grundlast) • BHKW bzw. Biomasseverbrennung (Spitzenlast) 	dezentrale Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Sommer: dezentrale Wärmepumpe • Winter: zentrale Wärmepumpe und BHKW
Wärmequelle	<ul style="list-style-type: none"> • Erdwärmesonden • Grundwasser • Abwasser • Solarthermie mit Langzeitwärmespeicher 	<ul style="list-style-type: none"> • Erdwärmesonden • Agrothermie • Langzeitwärmespeicher (Eis- oder Erdspeicher) 	<ul style="list-style-type: none"> • Erdwärmesonden • Grundwasser • Solarthermie mit Langzeitwärmespeicher

2. Konzeptentwicklung

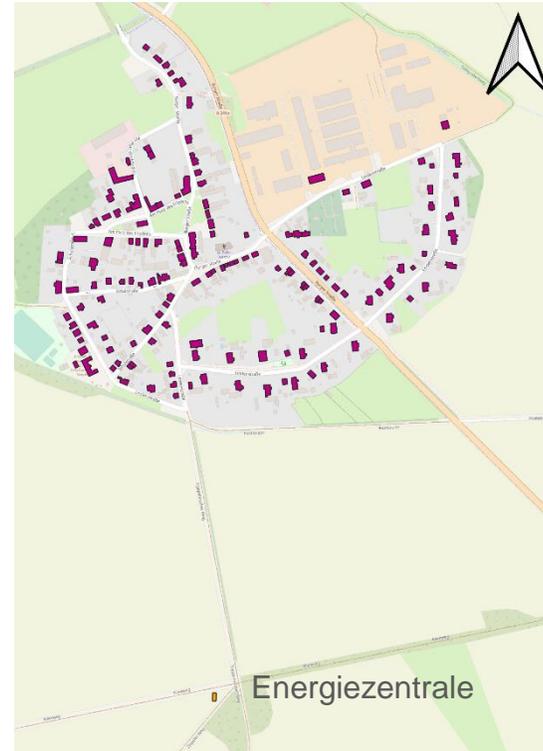
2.1 Konzeptentwicklung von Wärmepumpenquartierskonzepten

Datenerhebung – Wärmenetzauslegung – Einbindung von Komponenten

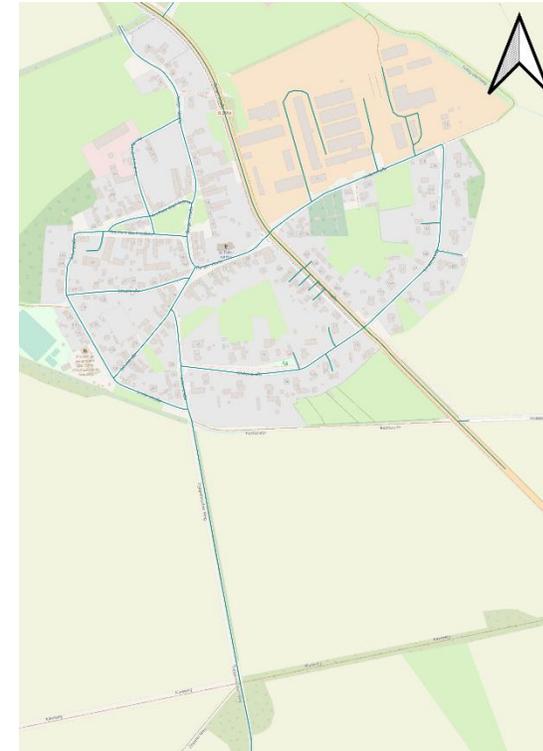
- **Qgis** → freies Geografisches-Informationssystem → Erstellen, bearbeiten, analysieren räumlicher Informationen¹
- Grundlage der Qgis-Daten: **Open-Street-Map/ ALKIS-Daten/ LOD1-Daten**
- Qgis-Daten → räumliche Eckpunkte und Metadaten als Input für das **DHNx_addons-Skript**



Definition eines betrachteten Bereiches/
Kartenausschnitts (Beispiel)



Definition der betrachteten Gebäude und Standort der Energiezentrale (Beispiel)

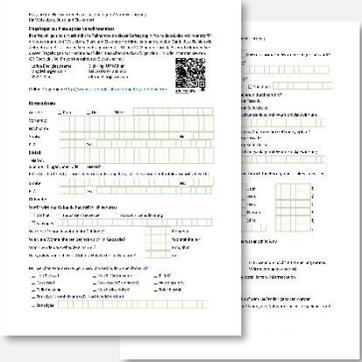


Definition des Straßennetzes als Basis für den Verlauf des Wärmenetzes (Beispiel)



Auf der Grundlage der jeweiligen Möglichkeiten jedes einzelnen Projekts können drei Optionen gewählt werden.

1. Anwohner Umfrage



2. Bestandsaufnahme Ortsbegehung



3. Google Maps/ Google Street View Gebäuderegister/ Angaben zu Gebäudealter und Renovierungsstand



- Visueller Eindruck des Dorfes oder detaillierte Informationen aus einer Umfrage
- Ermittlung des durchschnittlichen Gebäudealters → anhand typischer Merkmale von Gebäudetypologien
- Ermittlung des Sanierungsstandes



- Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung dürfen Daten (Endenergieverbrauche) in aggregierter oder nicht personenbezogener Form von der bearbeitenden Stelle erhoben werden
- Die Daten dürfen bei Ämtern/ Behörden aber auch anderen Datenbanken und Netzwerken erhoben und abgefragt werden
- Die bearbeitende Stelle darf die Endenergieverbrauchsdaten auch weiter geben, soweit sie für die Erfüllung eines öffentlichen Interesses verarbeitet werden
 - Beispielsweise auch zur Erstellung von energetischen Quartierskonzepten oder Transformationsplänen sowie Machbarkeitsstudien⁵

	Datengrundlage	Genauigkeit	Schwächen/ Risiko
Anwohnerumfrage	<ul style="list-style-type: none"> • Energieverbräuche • Energieträger/ Wärmerezeuger • Baualter des Gebäudes • Sanierungszustand 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Genauigkeit • Energieverbräuche über mehrere Jahre • Berücksichtigung des Nutzerverhaltens <p>→ Gebäudescharfe Daten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anwohner müssen informiert und offen für die Datenerhebung sein • Alle Daten sind immer kritisch zu hinterfragen → Plausibilitätscheck
Bestandsaufnahme/ Ortsbegehung/ Google Streetview	<ul style="list-style-type: none"> • Abschätzung Baualter mit Hilfe Gebäudetypologien • Baukonstruktion und Sanierungsstandard • Nutzung des Gebäudes 	<ul style="list-style-type: none"> • Abschätzung der Wärmeenergiebedarfe ist möglich • Auch noch größtenteils gebäudescharf 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Aussagen über Anwohnerzahl, Anzahl der Wohneinheiten oder tatsächlichem Sanierungszustand sowie über Energieverbrauch
Google Maps Gebäudekataster Aussagen über Dorfbild/ Baualter	<ul style="list-style-type: none"> • Grober Eindruck des Dorfes • Überwiegender Zustand des Gebäudebestandes oder einzelner Quartiere 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine gebäudescharfen Aussagen mehr möglich • Grobe Abschätzung der Größenordnung des Wärmebedarfes des Quartiers 	<ul style="list-style-type: none"> • Zufällige Verteilung der Baualterklassen • Fixierung eines vorherrschenden Baualters • Ungenauigkeit für einzelne Gebäude sehr hoch → Ausgleich in der Masse

Berechnung von jährlichen Wärmebedarfen

- spezifischen jährlichen Wärmebedarfes für Wohngebäude für Raumwärme und Trinkwarmwasser
- Wenn keine Umfragewerte bekannt → Nutzung der spezifischen Kenndaten der Quelle:
 - ARGE – Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.²
 - IWU – Institut Wohnen und Umwelt: Tabula³

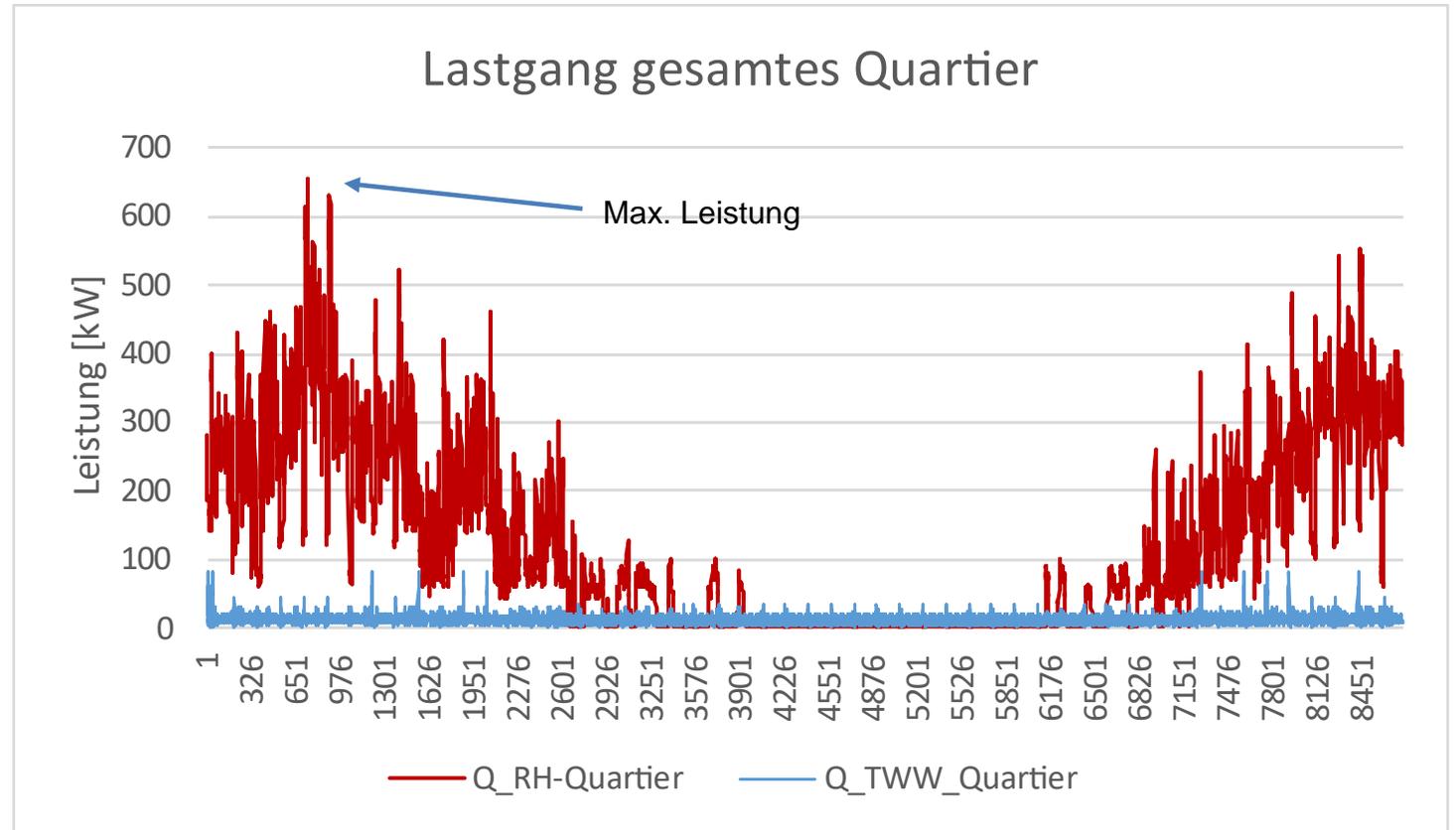
 EFH/ZFH	vor 1918		von 1918 bis 1948		von 1949 bis 1957		von 1958 bis 1968		von 1969 bis 1978		von 1979 bis 1987		von 1988 bis 1993		von 1994 bis 2001		von 2002 bis 2008	
	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil
IST-Zustand	188,2	100%	199,0	100%	202,3	100%	196,6	100%	185,5	100%	155,7	100%	144,1	100%	114,5	100%	91,4	100%
nicht modernisiert	226,6	3%	237,5	2%	235,2	3%	231,9	5%	213,5	11%	168,9	29%	148,5	75%	116,0	85%	91,8	95%
gering modernisiert	197,1	64%	208,8	67%	209,8	73%	203,1	74%	187,6	74%	152,9	64%	135,7	20%	105,8	15%	84,9	5%
mittel/größtenteils modernisiert	167,4	33%	175,3	31%	175,4	24%	165,3	21%	154,7	15%	127,1	7%	111,1	5%				
	mittel/größtenteils modernisiert						gering modernisiert						nicht modernisiert					

Energieverbrauchskennwerte und Modernisierungszustand Einfamilienhäuser²

	vor 1918		von 1918 bis 1948		von 1949 bis 1957		von 1958 bis 1968		von 1969 bis 1978		von 1979 bis 1987		von 1988 bis 1993		von 1994 bis 2001		von 2002 bis 2008	
	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil	Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	Prozentualer Anteil
IST-Zustand	155,0	100%	159,0	100%	156,8	100%	154,4	100%	147,9	100%	129,6	100%	122,5	100%	115,3	100%	96,1	100%
nicht modernisiert	189,4	2%	194,4	2%	193,0	3%	182,6	4%	171,2	10%	140,8	36%	126,3	72%	116,3	88%	96,3	97%
gering modernisiert	163,0	61%	165,5	67%	163,1	64%	159,4	69%	148,5	74%	125,5	54%	115,7	21%	107,5	12%	90,1	3%
mittel/größtenteils modernisiert	139,8	37%	142,7	31%	141,3	33%	137,4	27%	131,0	16%	111,5	10%	103,6	7%				
	mittel/größtenteils modernisiert						gering modernisiert						nicht modernisiert					

Energieverbrauchskennwerte und Modernisierungszustand Mehrfamilienhäuser²

- Lastprofilen für jedes einzelne Gebäude
- **Lpagg:**
Python-basiertes Programm
→ Erzeugung von Lastprofilen

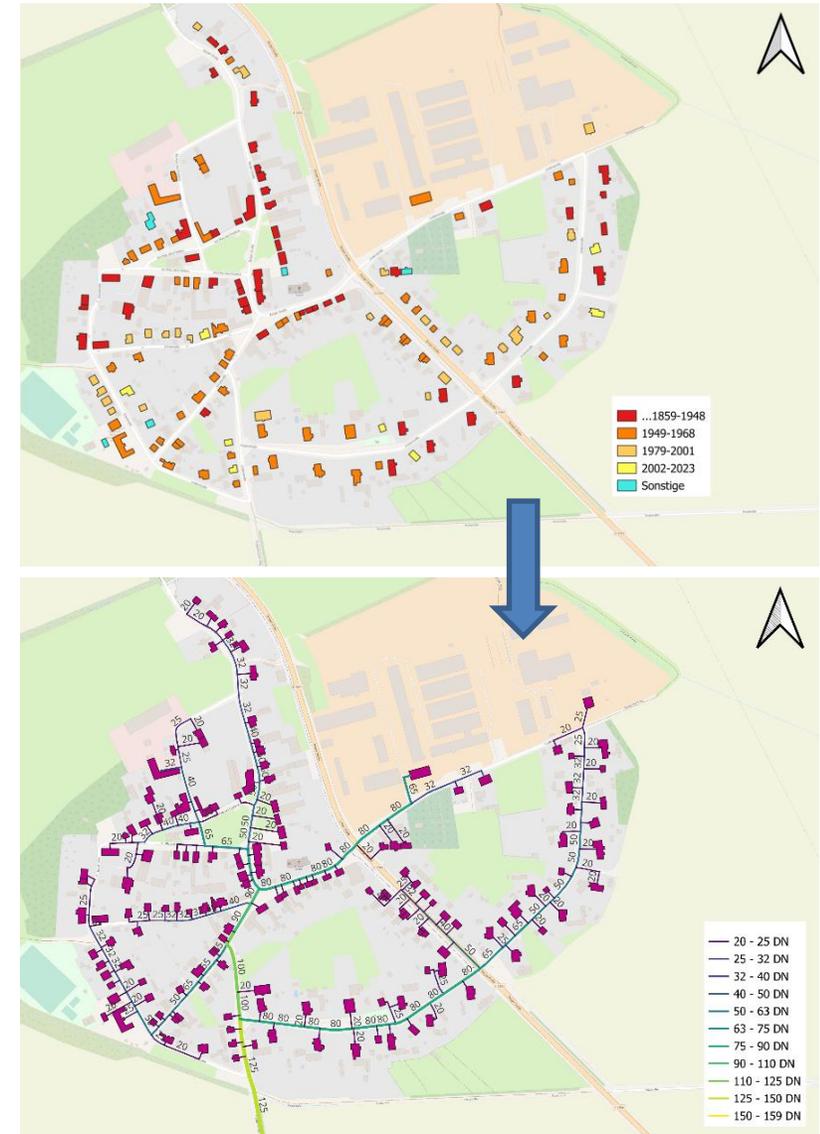


- **VDI 4655**
Referenzlastprofile für Wohngebäude
- **DOE**
Entwicklung von 16 generischen Lastprofilen durch das Department of Energy (U.S)
- **BDEW-Typtage**
Standardlastprofile Strom, Haushalt, Landwirtschaft, Gewerbe; Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
- **future:solar**
eigens erhobene Datenbank

		Quelle Lastprofile
Haushalte	Raumheizung	VDI 4655
	Trinkwarmwasser	VDI 4655
	Elektrizität	VDI 4655
Nichtwohngebäude	Raumheizung	future:solar (siz Projekt)
	Trinkwarmwasser	DOE
	Elektrizität	BDEW-Typtage

QGIS

- Statistische Übersicht der Verbraucher → Erarbeitung von Wärmedichten
- Abschätzung der erforderlichen Maximalleistung pro Hausanschluss
- Auslegung des Wärmenetzes mit dem python-basierten Optimierungsprogramm **DHNx**
- **Ergebnisse:** Leitungslänge, Rohrdurchmesser, Übertragungskapazitäten, Netzverluste und Investitionskosten



DHNx: District Heating and Cooling Network Optimization

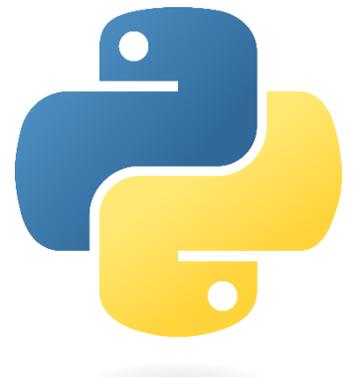
- Python-basierte opensource Toolbox für Optimierungs- und Simulationsmodelle für Fernwärme- und Fernkältenetze
- Entwickelt durch die Uni-Bremen und weiterentwickelt durch das siz energieplus

DHNx_addons:

- Sammlung an Funktionen, die für Workflows mit DHNx, Lpagg und GIS-Daten im Kontext der kommunalen Wärmeplanung nützlich sind

DHNx: <https://github.com/oemof/DHNx>

DHNx_addons: https://github.com/jnettels/dhnx_addons



Vorauslegung des Wärmenetzes mit DHNx – Berechnung der Netzverluste

- Statische Berechnung der Netzverluste jedes
- Rohr-Abschnittes eines typischen Auslegungsfalles
- können aus Herstellerdaten entnommen werden
- Sammlung und Einlesen der Daten mit Hilfe einer Excel-Tabelle



Beispiel: Technische Information Rohrsysteme Enerpipe, 2023

Lpagg:	Maximale Heizleistungen (Raumheizung und Trinkwarmwasser)	Excel
	Lastverläufe pro Haus im Quartier (1h / 15min)	Excel
	Gleichzeitigkeitsfaktor des Wärmebedarfs für das Quartier	Excel

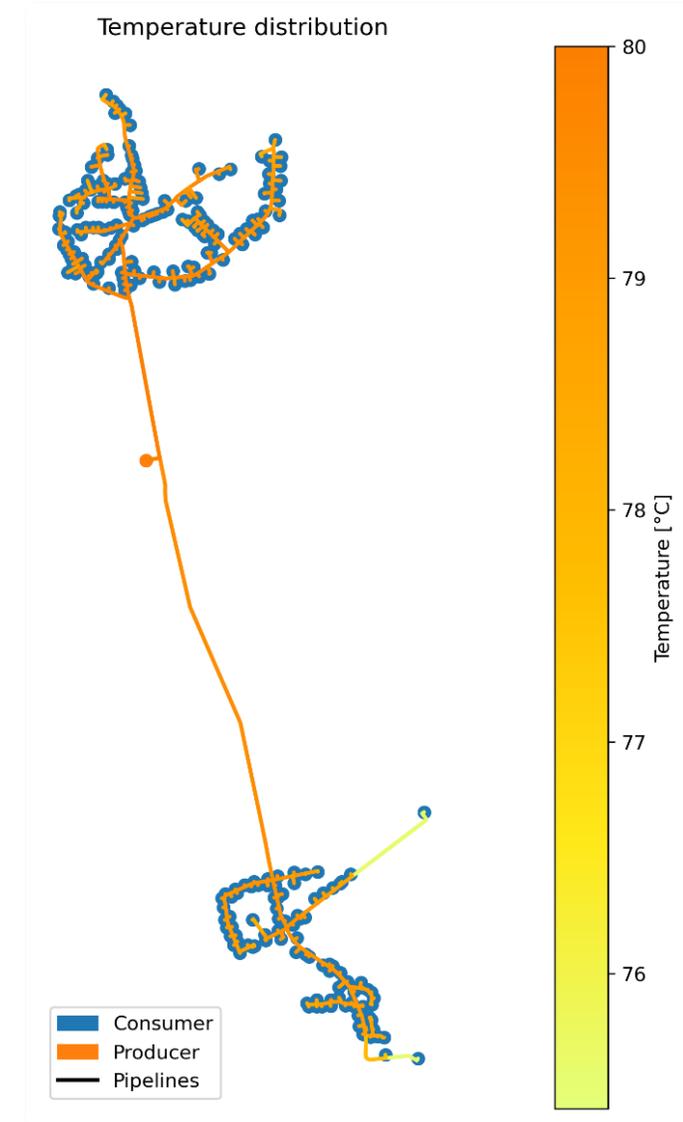
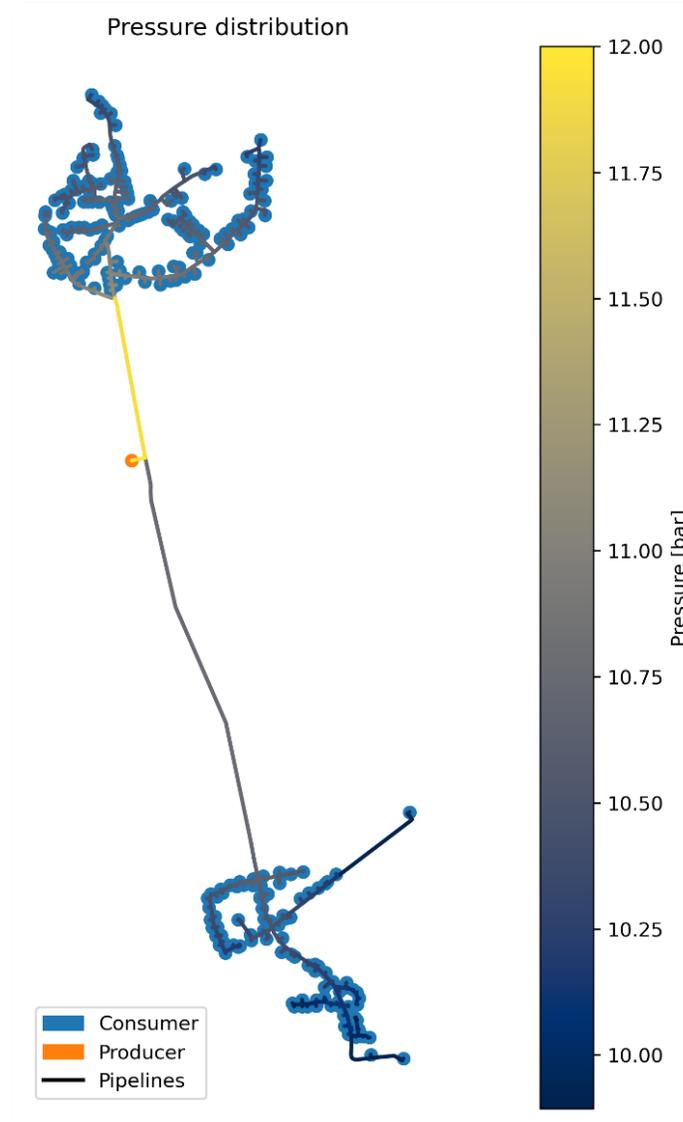
DHNx:	Leitungslängen, Rohrdurchmesser, Übertragungskapazitäten	Excel/ geojson
	Netzverlustleistungen und Investitionskosten	Excel/ geojson
	Geoinformationsdaten (Abzweigungen/ von-zu) der Rohrverläufe	geojson
	Wärmedichte (Kachelnetz)	

Qgis: Visuelle Darstellung der Ergebnisse



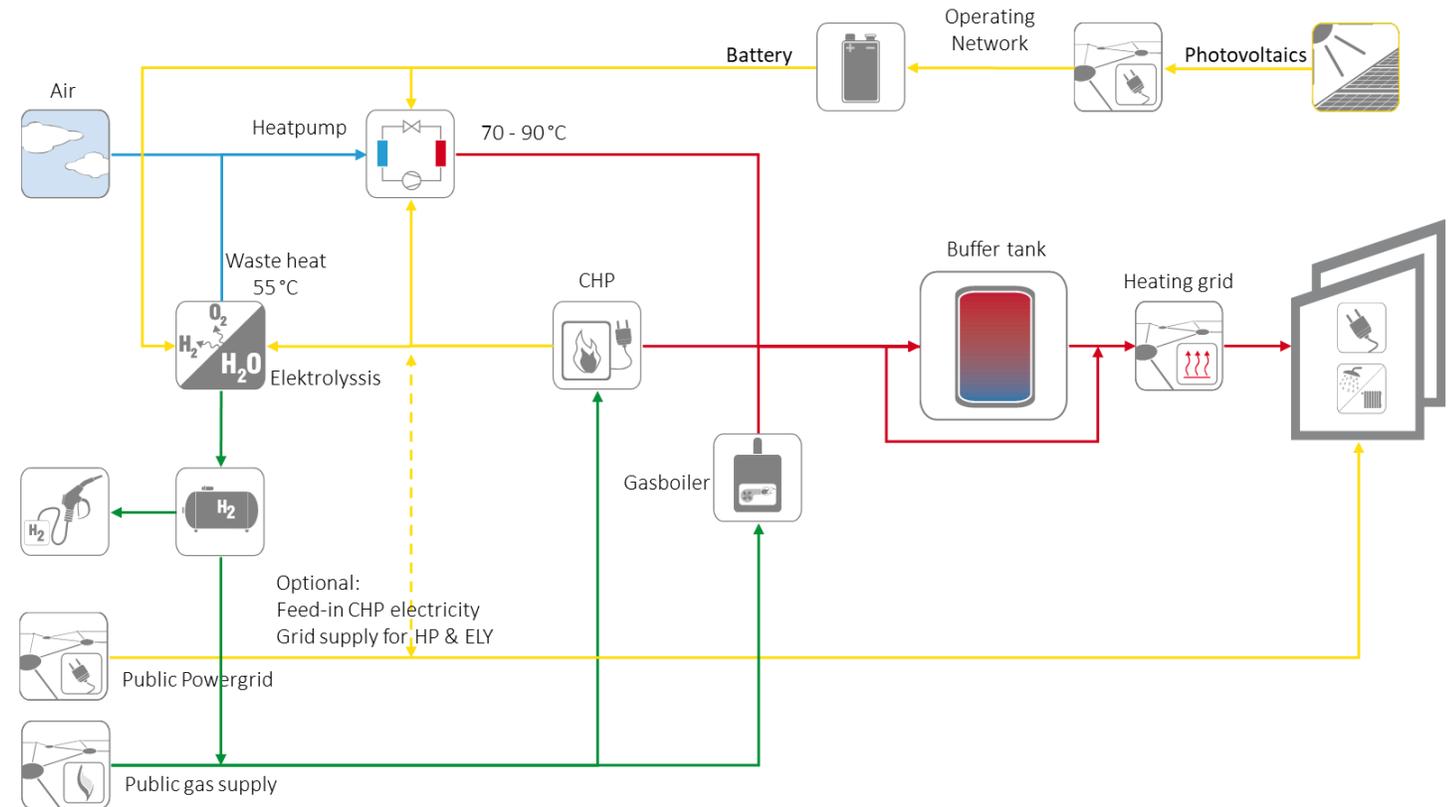
Beispiel:
Wärmedichtekarte
Beispielprojekt

- Ein einfach zu bedienendes Open-Source-Tool für die Modellierung, Analyse und Optimierung von Fluidsystemen mit einem hohen Automatisierungsgrad.
- In DHNx_addons berechnet Pandapipes die Druck- und die Temperaturlinie des Netzes





- Standortanalyse
- Erstellung von Quartierskonzepten (elektrisch und thermisch)
- Dynamische Simulation mit der modularen **TRNSYS**-Softwareumgebung
- Erstellung von Energiebilanzen mit stündlicher bis viertelstündlicher Auflösung
- Auslegung von Komponenten und erforderlichen Speichersystemen



Schema eines Beispielenergiekonzepts

- Abschätzung der Wirtschaftlichkeit und Vergleich der Varianten
- Betrachtung der Investitionskosten, Betriebs- und Bedarfskosten
- Ermittlung eines Wärmepreises

- Gegenüberstellung: Vermeidung von CO₂-Emissionen



Generell:

- **Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen in Form von Machbarkeitsstudien**
- **Vorbereitung von Förderanträgen**

2.2 Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung

Politik

Kann die treibende Kraft im Projekt sein.

Politische Zielvorgaben für den Klimaschutz?

Überzeugung der Politik vom Projekt ist keine Notwendigkeit, könnte jedoch ein Katalysator sein!

Umsetzer

Definieren die Randbedingungen des Netzbetriebes
→ Wirtschaftlichkeit des Netzbetriebes hängt davon ab

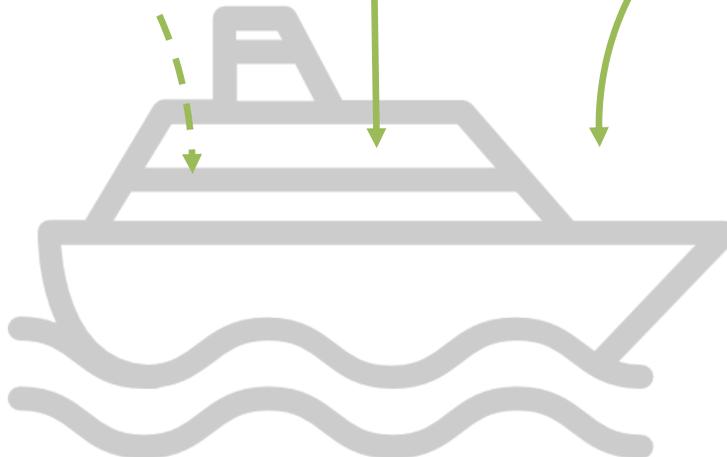
Findet sich niemand der Verantwortung übernehmen will, stirbt das Projekt!

Anwohner*innen

Anwohner müssen möglichst früh informiert und von dem Konzept begeistert werden.

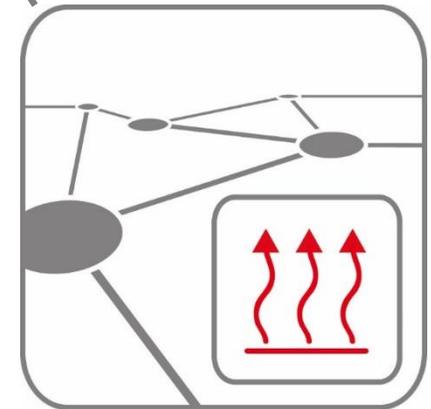
Generieren eines Mehrwertes für die Anwohner
→ z.B. Bürgerenergiegenossenschaften

Anwohner sind der Schrittgeber für ein Projekt!

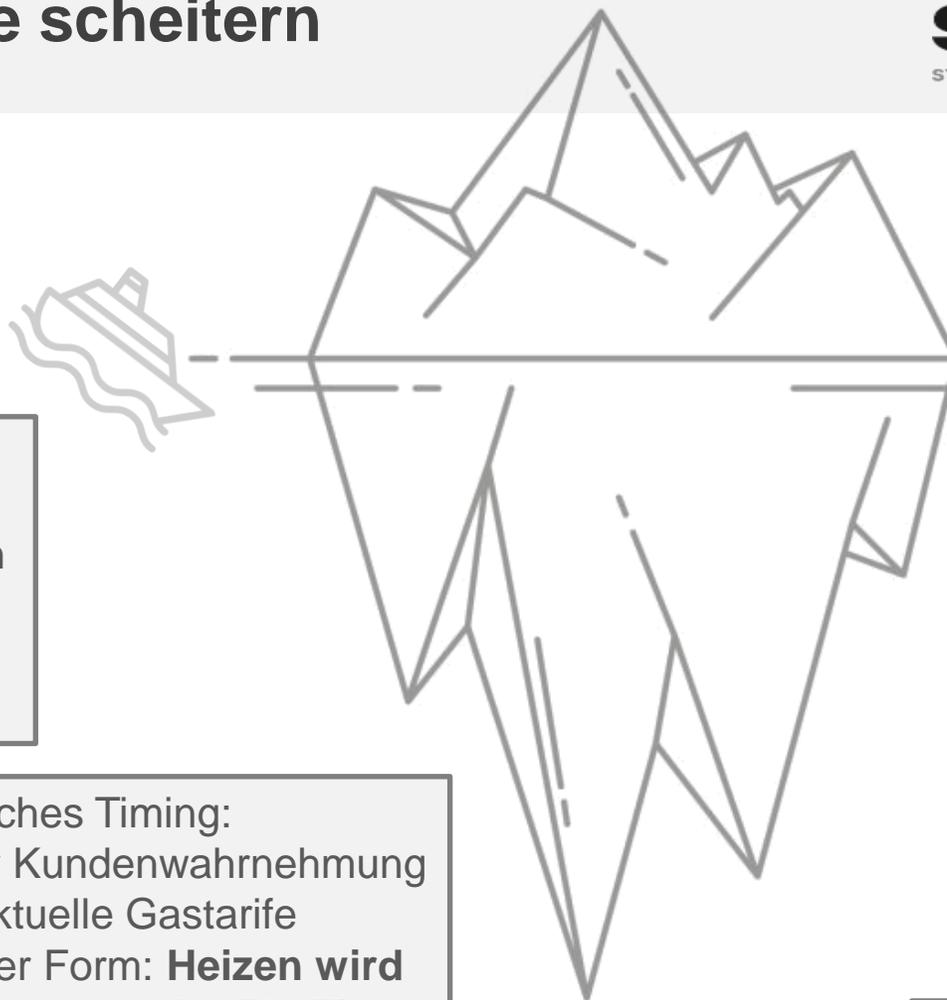




- Zukünftige Entwicklungen – Nachverdichtung:
Verlauf des erwarteten Verbrauchs?
Änderungen der Wärmequellen?
- Günstige Wärmedichte
- Vorhandensein eines Handlungsdruckes für die
Anwohner?
- Ist-Zustände Gebäude und Wärmeversorger
- Grundstücksverhältnisse und
Grundstückseignungen
- Vorhandensein von erneuerbaren
Energiepotenzialen und
günstigen Wärme- oder Stromquellen



Gründe warum Projekte scheitern



Große Herausforderung →
Wirtschaftlichkeit
Gestiegene Investitionskosten in den
letzten Jahren
→ **Ausbau von Fördertöpfen
erforderlich**

Falsches Timing:
Verzerrung der Kundenwahrnehmung
durch aktuelle Gastarife
Egal in welcher Form: **Heizen wird
zukünftig teurer durch 65%-Ziel!**

Plötzliche Änderung von
Gegebenheiten:
Politisch, natürlich, personell

Persönliche und private Gründe von
Schlüsselpersonen:
Es braucht immer eine Person, die
die Verantwortung übernimmt
(Geschäftsführer,
Biogasanlagenbetreiber etc.).
**Wenn diese Person wegfällt, wird
die Umsetzung schwieriger.**

Kunden: Status Quo so lange wie es
geht aufrechterhalten.
**Lange Übergangsphase und wir
stehen erst am Anfang.**

2.3 Fördermittel

Beispiele Bundesförderungen

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) (BAFA)
Neubau und Transformation effizienter Wärmenetze

Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) (KfW)
Anschluss an Gebäude- oder Wärmenetz

Beispiele Landesförderungen

Nordrhein-Westfalen
Progres.nrw – Programm
für Rationelle
Energieverwendung,
Regenerative Energien und
Energiesparen –
Programmbereich Wärm-
und Kältenetze
*Energieeffizienter
Wärmenetze*

Niedersachsen
Förderung von
Klimaschutz und
Energieeffizienz bei
Unternehmen, bei
öffentlichen Trägern und
Kultureinrichtungen
*Wärmenetze, energetischer
Sanierung und Nutzung von
Abwärme*

Bayern
Nutzung erneuerbarer
Energien und Vermeidung
von
Kohlendioxidemissionen
durch Biomasseheizwerke
und zugehörige
Wärmenetze
*Biomassekraftwerk mit
zugehörigem Wärmenetz*

Schleswig-Holstein
Landesprogramm
Wirtschaft 2021 – 2027
Neubau und Ausbau von
Wärme- und Kältenetzen und
der Einsatz erneuerbarer
Energien

Beispiele Kommunalförderungen

Braunschweig
Förderprogramm für regenerative Energien und Energieeffizienzmaßnahmen
Solarthermieanlagen, Wärmepumpen

Förderung und Förderbedingungen – Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

„Mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) wird der Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien sowie die Dekarbonisierung von bestehenden Netzen gefördert“⁴

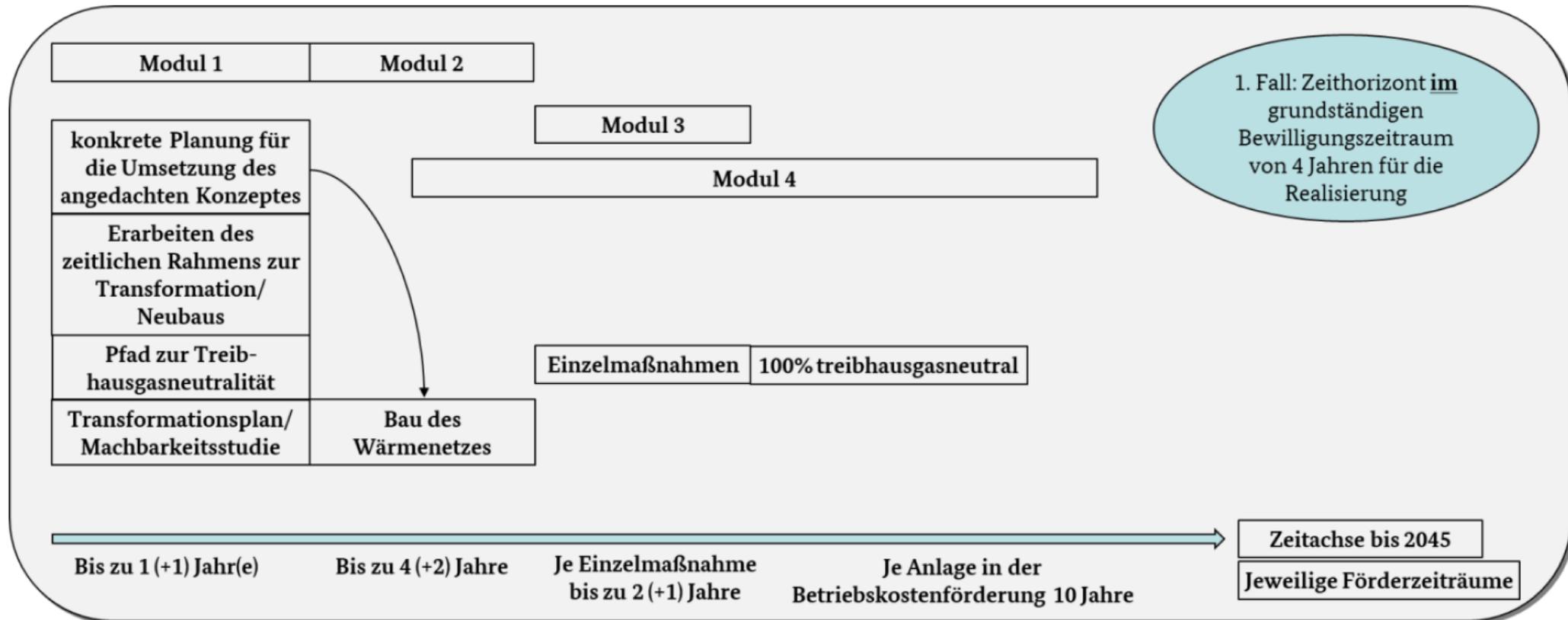


Abbildung 1: Schema Förderablauf (1. Fall: vollständige Fertigstellung eines Wärmenetzes innerhalb eines Zeitraums von 4 Jahren)

Modul 1:

- Machbarkeitsstudie für den Neubau von Wärmenetzen
 - Ist-Analyse des Untersuchungsgebiets
 - Potenzialermittlung erneuerbarer Energien und Abwärme
 - Soll-Analyse des Wärmenetzes
 - Kostenrahmen
 - Pfad zur Treibhausgasneutralität mit Wegmarken
- Wärmenetze mit mindestens 75 % EE-Anteil oder Abwärme
- Erlaubter Anteil Biomasse: < 20 km 100 %
- Mindestgröße von 17 Gebäuden oder 101 versorgte Wohneinheiten

Förderquote: 50 % Zuschuss

Modul 2 und 3:

- Systemische Förderung für den Neubau und die Transformation (hin zu EE) eines Wärmenetzes
- Maximales Temperaturniveau von 95°C
- Förderfähig sind:
 - Wärmeerzeuger
 - Wärmespeicher
 - Wärmenetztrassen/ Verteilleitungen
 - Hausanschlüsse/ Übergabestationen
 - Heizzentralen
 - MSR-Technik und Digitalisierungskomponenten
- Maximalbetrag: 100 Mio. € pro Antrag
- Voraussetzung für die Förderung ist die Vorlage einer Machbarkeitsstudie (nicht zwingend aus Modul 1)

Förderquote: 40 % Zuschuss

Modul 4:

- Betriebskostenförderung → ausschließlich für Solarthermieanlagen und strombetriebene Wärmepumpen
SCOP der WP mindestens 2,5 oder einem Gütegrad von 0,4 (je nach Anwendungsfall)
- Maximalbetrag von 100 Mio. € pro Antrag und auf die zu ermittelnde **Wirtschaftlichkeitslücke** begrenzt
- Berechnung der Förderung des WP-Betriebes mit Hilfe des SCOP (ct/kWh Umgebungswärme und auf 3 ct/kWh begrenzt bei EE bzw. 9,2 ct/kWh bei Netzstrom)
- Bewilligungszeitraum: 10 Jahre

**Förderquote: je nach SCOP,
max. 3 ct/kWh bei EE und
9,2 ct/kWh bei Netzstrom**

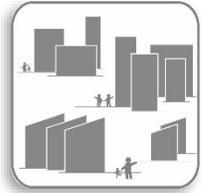
3. Anwendungsbeispiele

3.1 Anwendungsbeispiele

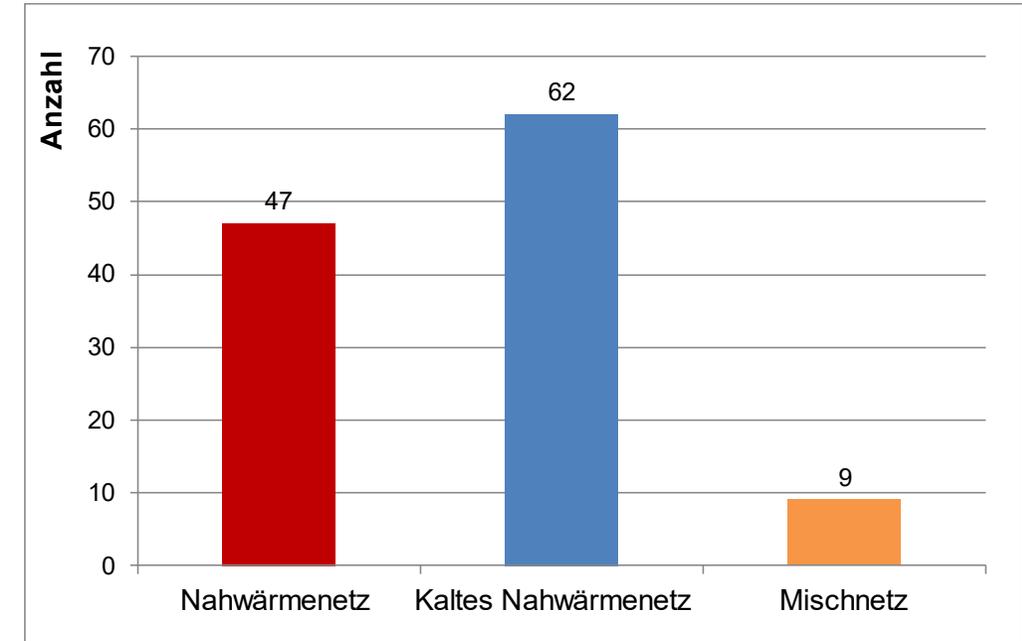
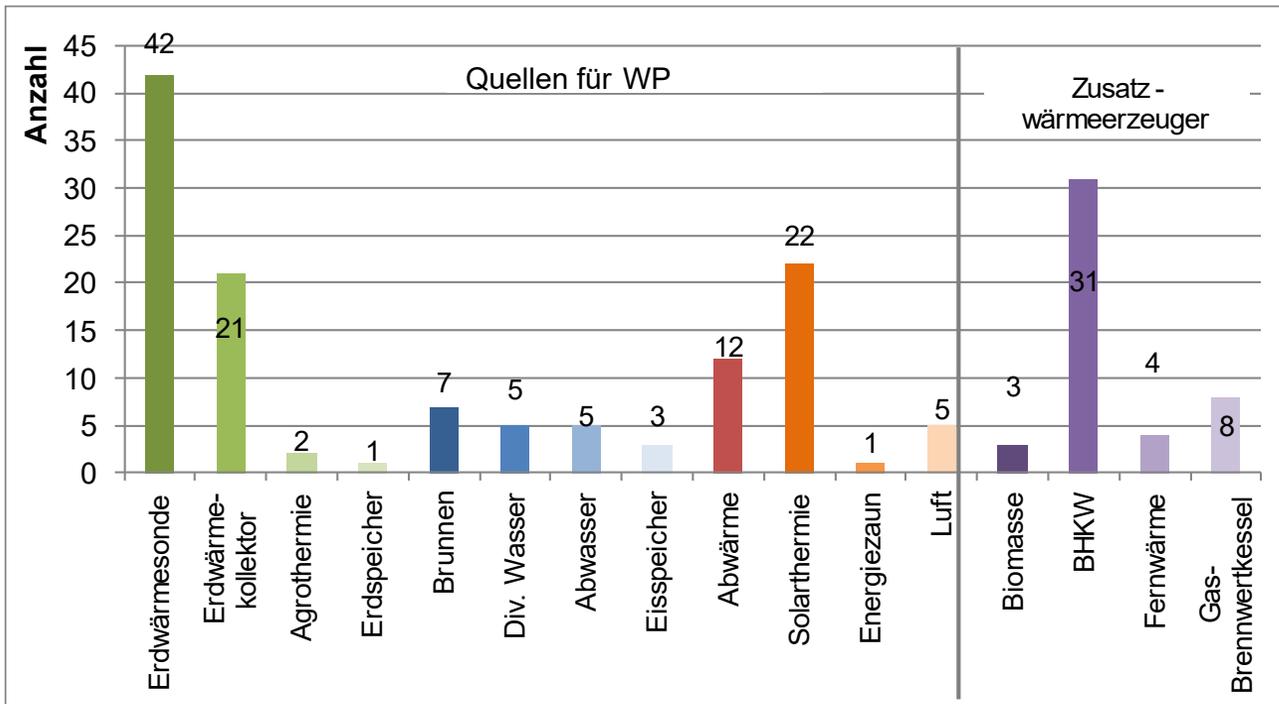
Quartiersversorgungen mit Wärmepumpen – Stand der Technik



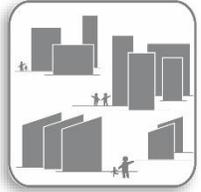
- Recherche und Systematisierung von Beispielen von Quartieren und Siedlungen, deren Struktur sowie Konzeptionierung
- Evaluation der Quartiere und Siedlungen hinsichtlich
 - Netzart
 - Netztemperatur
 - nutzbare Niedertemperaturwärmequelle(n)
 - Struktur und Einsatzgebiete



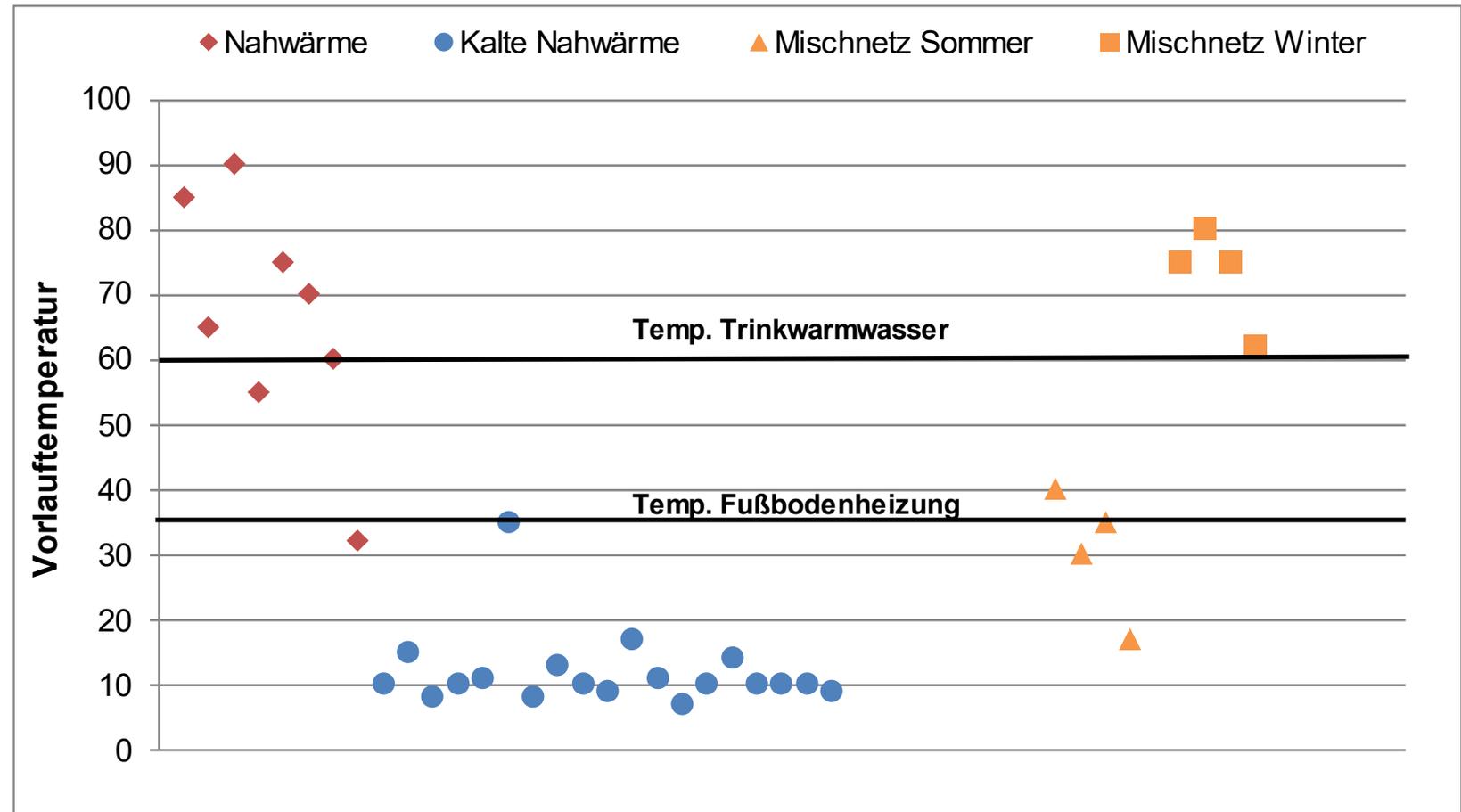
Insgesamt 149 erfasste Energieversorgungskonzepte
von Siedlungen und Quartieren
118 Quartiere mit umfangreicher Datenbasis



NT-Wärmequellen und –übertrager sowie eingesetzte Zusatzwärmeerzeuger

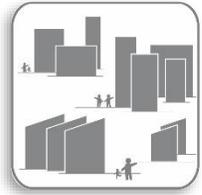


Mittlere Vorlauftemperaturen in den Versorgungsnetzen



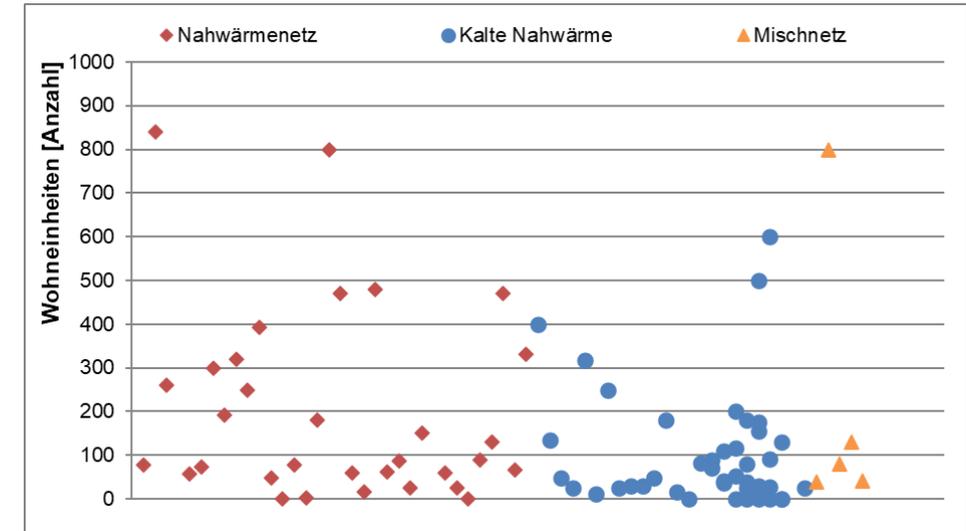
Jahresmittelwerte der Vorlauftemperaturen in den Netzen gemäß Auslegung

- Nahwärme > 60°C
- Kalte Nahwärme ~ 10°C
- Mischnetz 75°C und 30°C

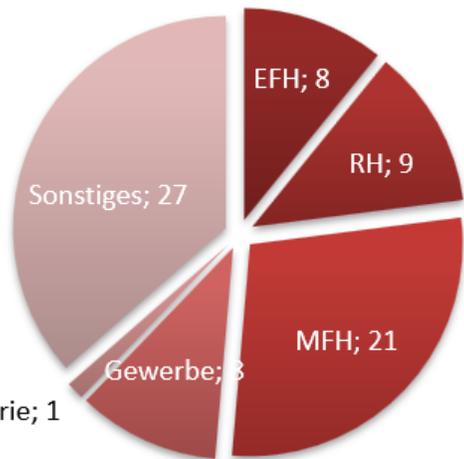


Bebauungsstruktur von Siedlungen und Quartieren

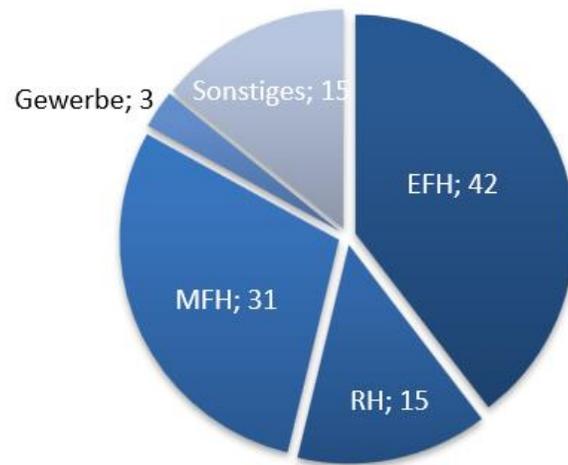
Erfasste Siedlungen und Quartiere haben meist weniger als 200 Wohneinheiten und der überwiegende Wohnungsbau sind Ein- und Mehrfamilienhäuser.



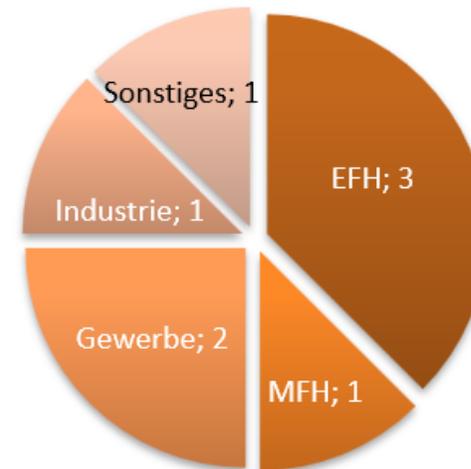
Nahwärme



Kalte Nahwärme



Mischnetz



3.2 Anwendungsbeispiele

Umbau Heizzentralen

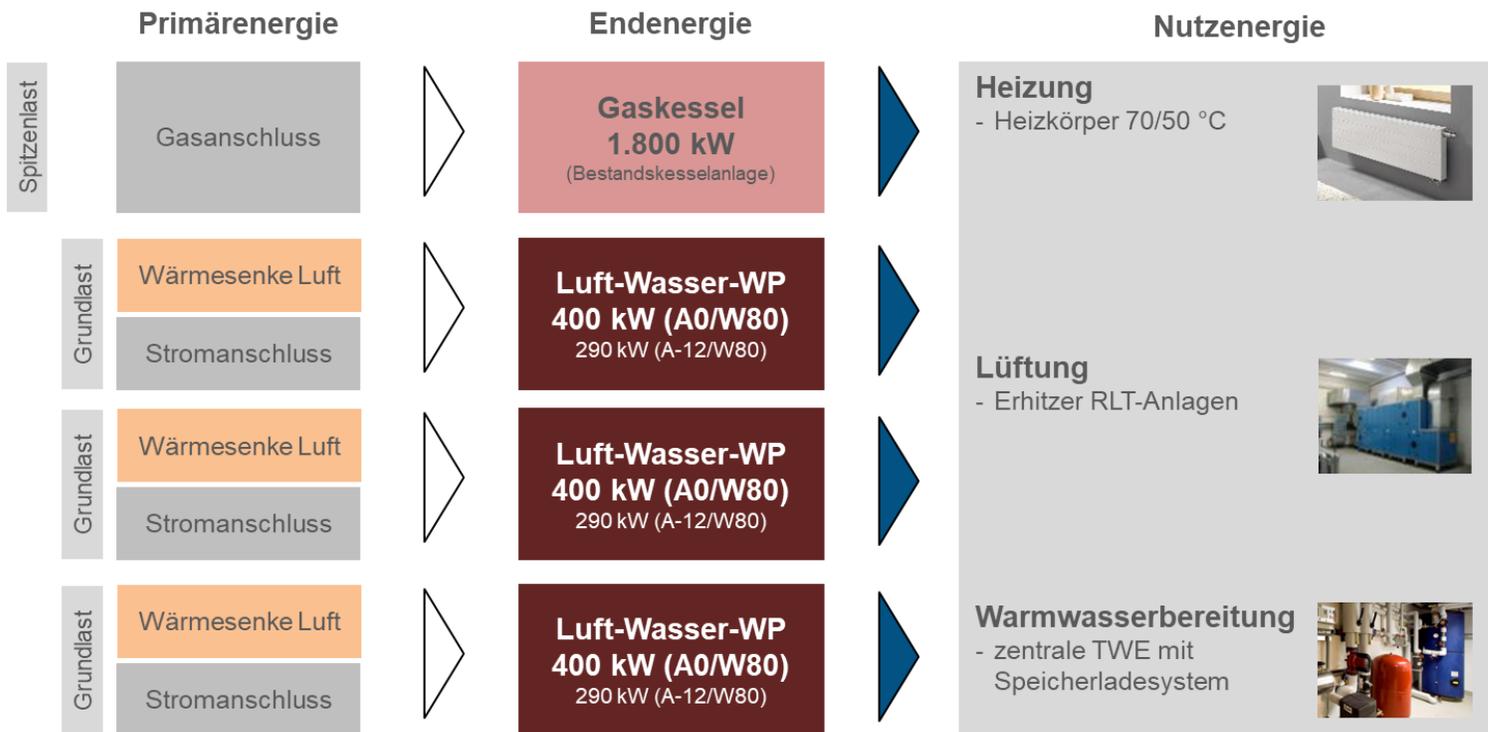
Projektziel

Umstellung bestehender Heizzentralen, um Gebäude und Anlagen fit für die Zukunft zu machen - Klimaneutralität für die Liegenschaften erreichen!

- vier getrennte Heiznetze
- 90 Gebäude mit rund 550 Wohneinheiten
- beheizte Nutzfläche rund 50.000 m²
- unterschiedliche Nutzungen wie Wohnen/Betreutes Wohnen, Pflegeeinrichtungen, Werkstatt/Lager, Verwaltung und soziale Einrichtungen
- aktuelle Versorgung: Gaskessel und BHKWs



Energieversorgungskonzept (Beispiel)

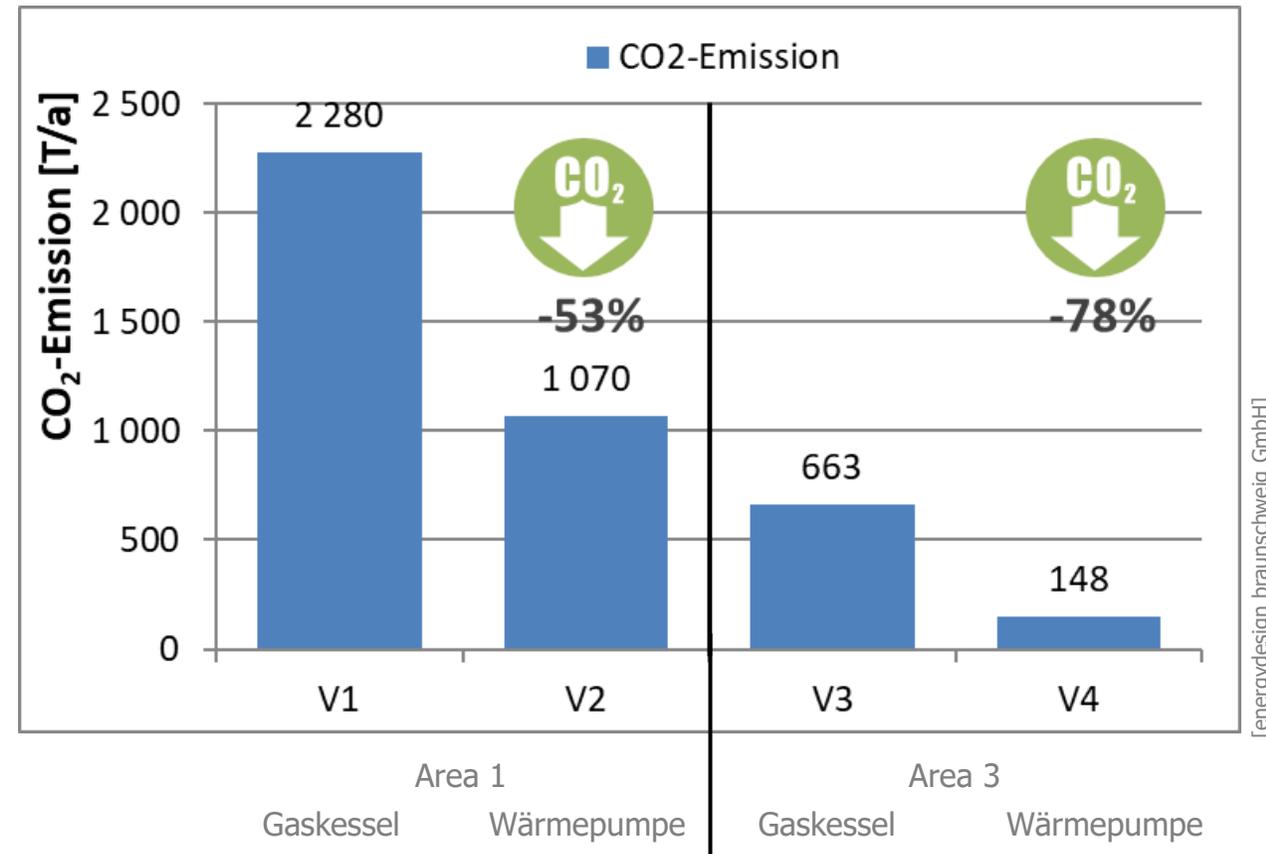


[energydesign braunschweig GmbH]

- geplante Luft/Wasser-WP
 - Temperatur > 80 bis 90°C
 - Wärmeleistung von 7 MW_{th}
- Heizzentralen: Heizleistung von 485 kW bis 5.145 kW abdecken
- Betriebstemperaturniveau: 80/60°C oder 90/70°C
- bivalentes Versorgungssystem 65 - 95% über Luft-Wasser-Wärmepumpen (je Heizzentrale)

Ökologisches Einsparpotential

- jährliches CO₂-Einsparpotenzial von 53 bzw. 78 % gegenüber Versorgungskonzept mit Gaskessel
- jährliche CO₂-Reduktion von ~ 515 bis 1.210 t_{CO2}

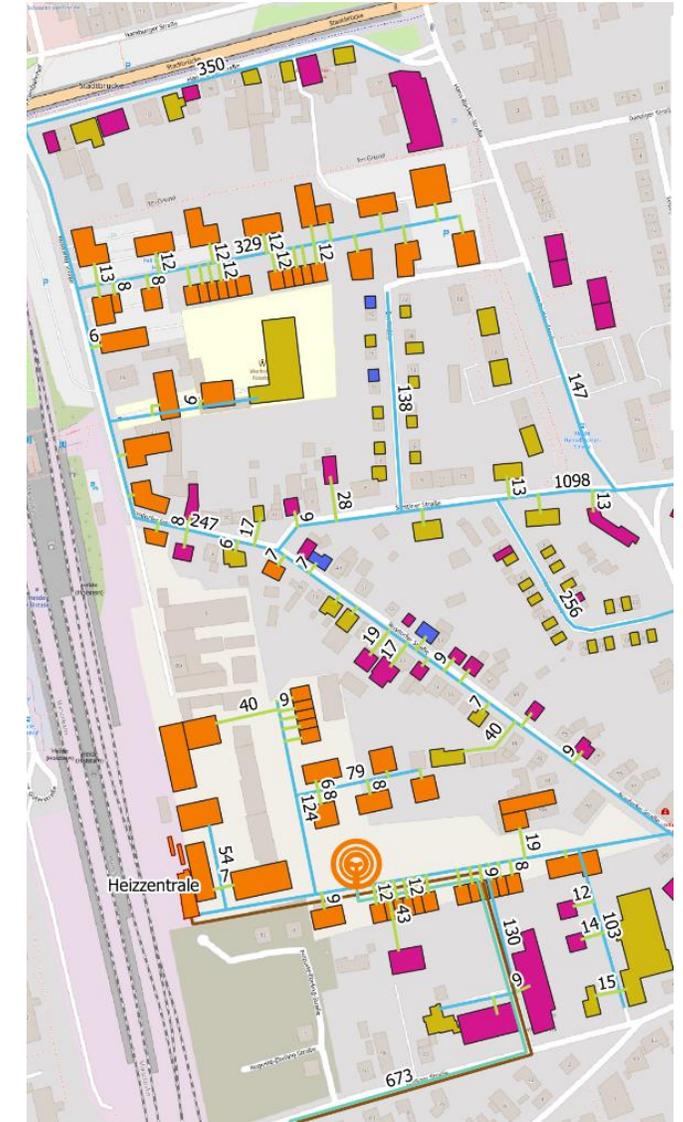


(CO₂ Emissionsfaktor: Erdgas 270 g/kWh, Strommix 400 g/kWh, Stromeinspeisung -700 g/kWh)

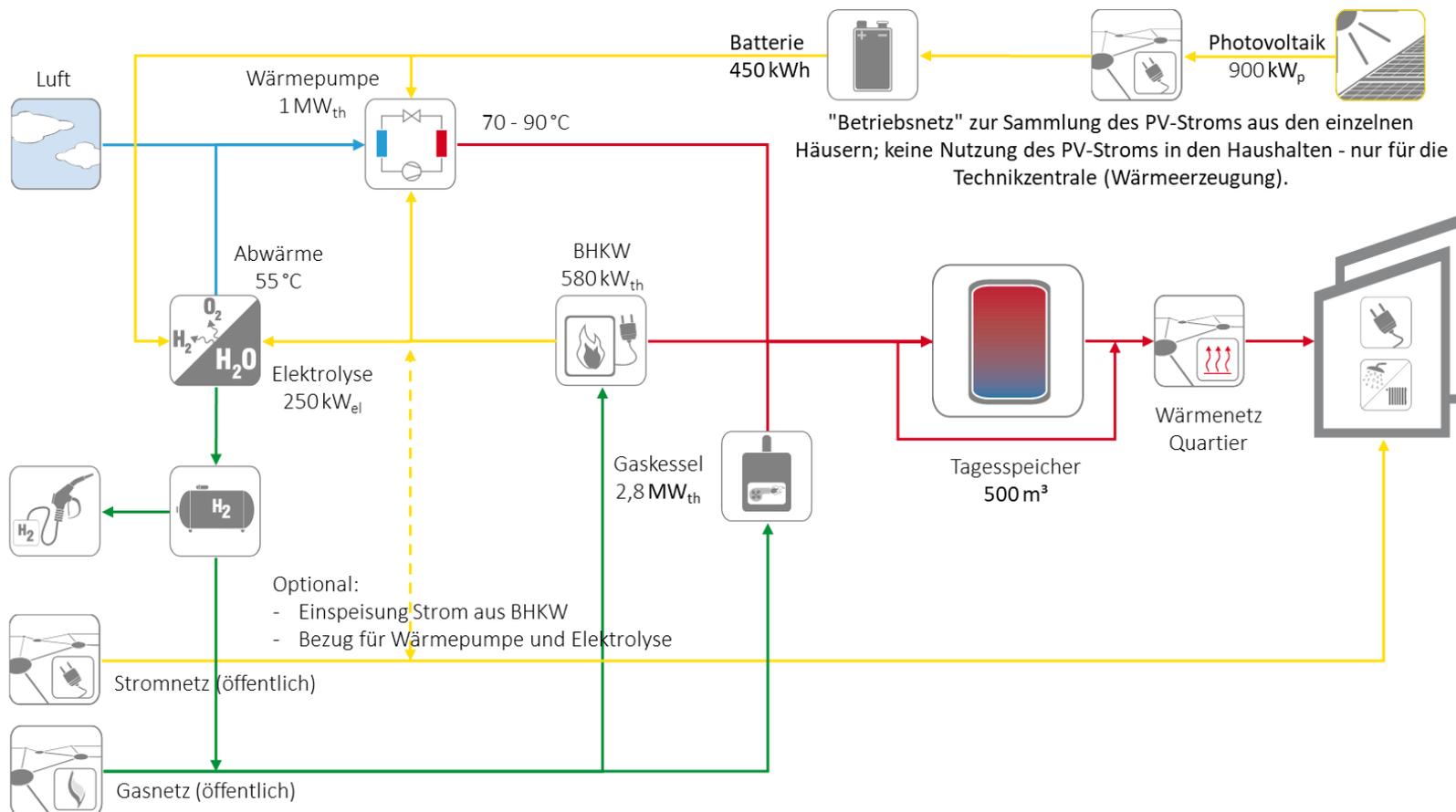
3.3 Anwendungsbeispiel

Luft-Wasser-Wärmepumpe

- Quartier mit 20 ha Fläche und ca. 500 Bewohnern
- vielfältige Gebäudestruktur (alt und neu):
Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Nichtwohngebäude
- derzeitige Versorgung: Erdgas, Öl und Strom
- geplante Ausbaustufe:
125 angeschlossene Gebäude
(Anschlussquote von 56 %)
→ 6.560 MWh/a Wärmebedarf
- geplante Luft/Wasser-Wärmepumpe
 - Temperatur > 80°C
 - Wärmeleistung von 1 bis 2 MW_{th}



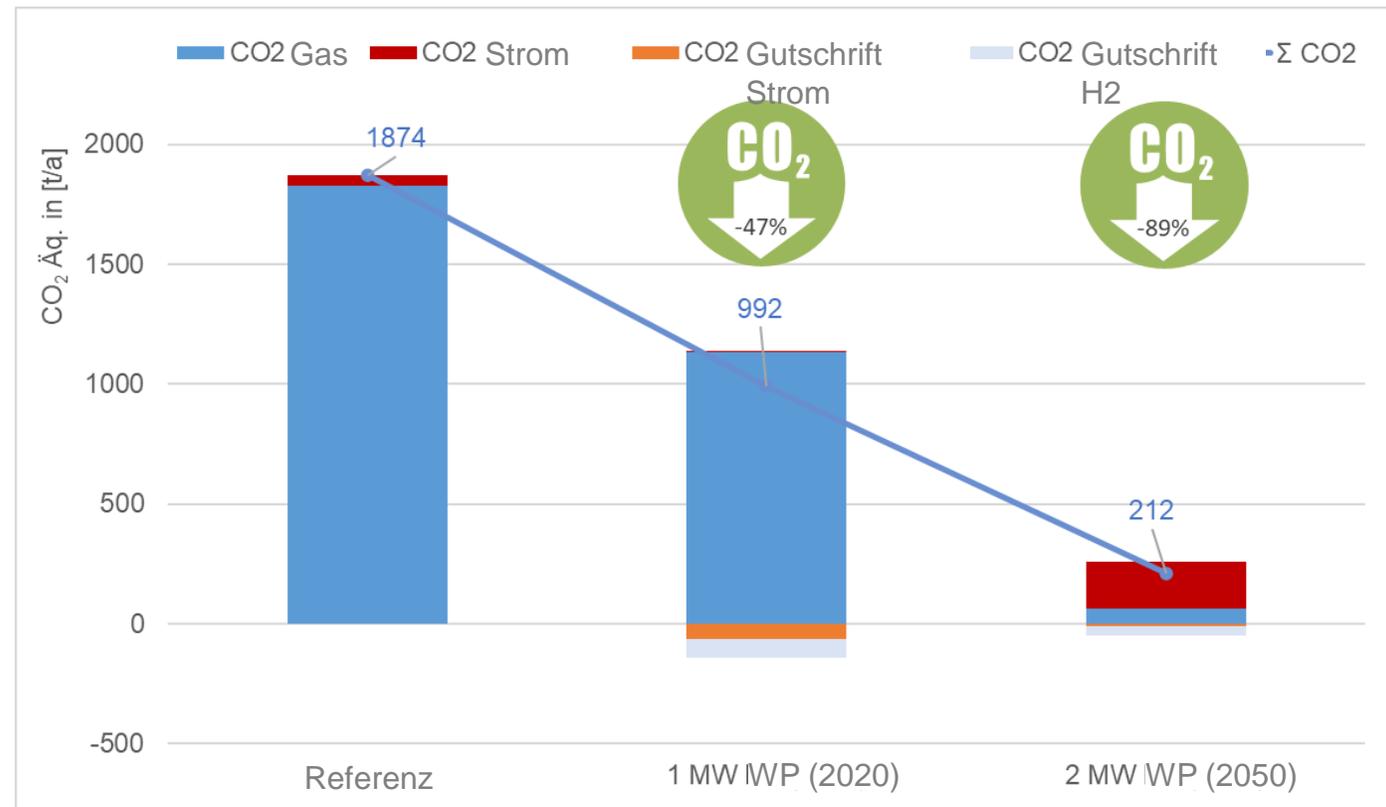
Energieversorgungskonzept



- Projektziel: Konzeption und Umsetzung eines multimodalen und nachhaltigen Energieversorgungssystems
- Integration einer Wärmepumpe
- Integration von Elektrolyse für F&E-Zwecke

Ökologisches Einsparpotential

- jährliches CO₂-Einsparpotential von 47 bzw. 89% gegenüber Versorgungskonzept mit Gaskessel
- jährliche CO₂-Reduktion von ~ 882 bis 1.662 t_{CO2}

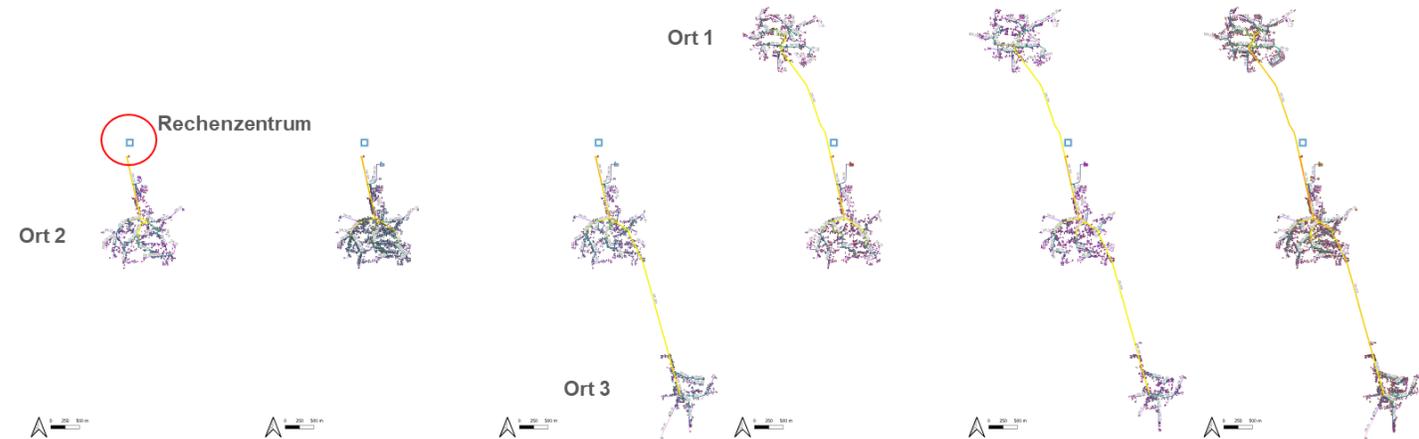


3.4 Anwendungsbeispiel

Nutzung der Abwärme eines Rechenzentrums

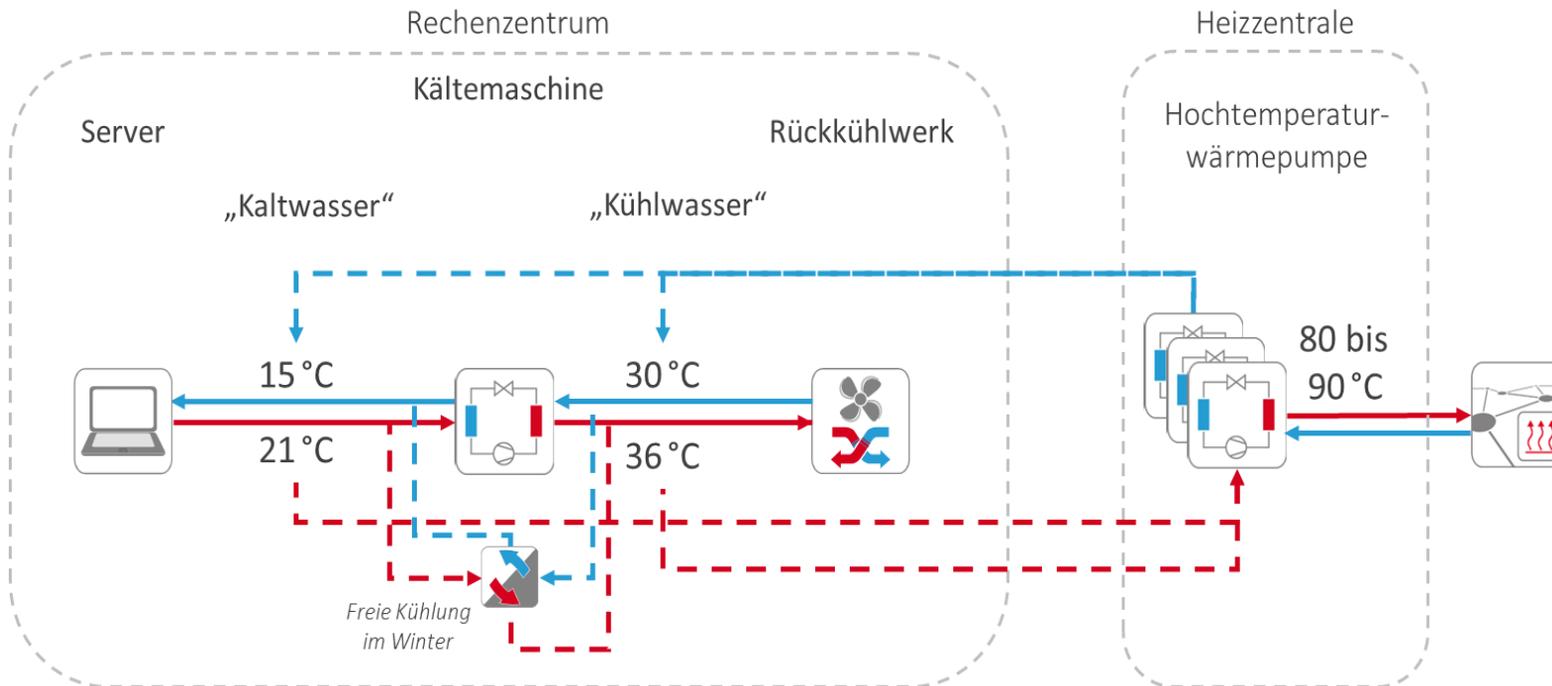
Ziel des Projekts

- Abwärmenutzung eines Rechenzentrums als Wärmequelle für ein neues Nahwärmenetz
- zwischen ländlichen Dörfern mit jeweils ca. 2.000 bis 2.500 Einwohnern
- geplante Wasser/Wasser-Wärmepumpe
 - Temperaturniveau 80 - 90°C
 - Wärmeleistung 10 MW



	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
	Ort 2	Ort 2	Ort 2 + 3	Ort 1 + 2	Ort 1 - 3	Ort 1 - 3
Netzanbindung	60%	100%	60%	60%	60%	100%
Einwohner	1455	2432	2076	2569	3183	5300
Gebäude	482	804	735	847	1099	1833
Gesamtwärmebedarf	16.2 GWh	28.5 GWh	25.7 GWh	28.8 GWh	37.0 GWh	62.5 GWh
Gesamtwärmeleistung	5.8 MW	10.0 MW	9.1 MW	10.3 MW	12.4 MW	20.1 MW
Netzlänge	14.0 km	16.0 km	22.8 km	27.1 km	35.5 km	39.2 km

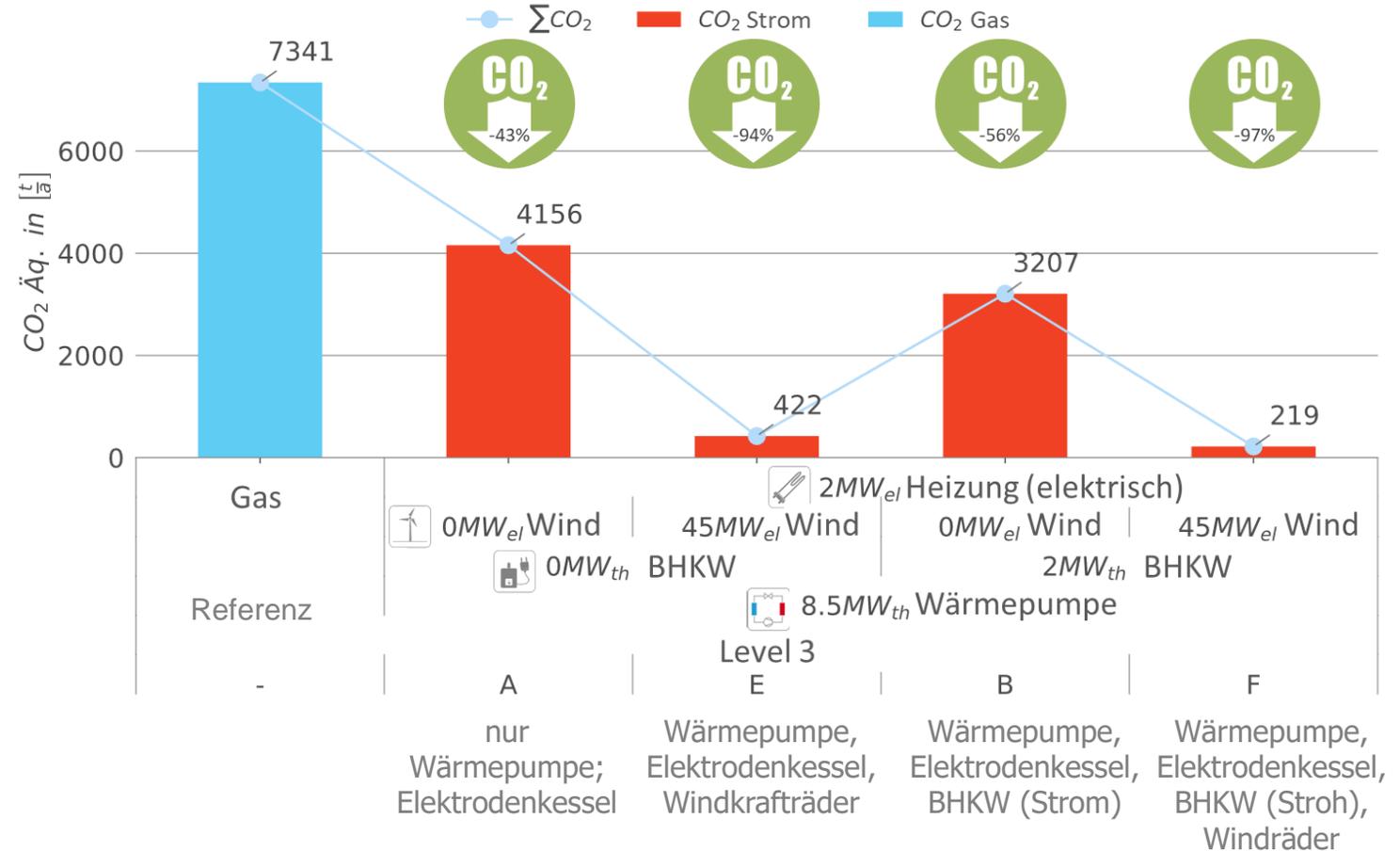
Energieversorgungskonzept



- ganzjährig verfügbare Abwärme auf Temperaturniveau von 20 - 36°C
- ca. 7 - 8 MW Abwärmeleistung (Vollausbau) ergibt eine Wärmelieferung für das Netz von 87.600 MWh/a > Gesamtwärmebedarf der drei Dörfer
- Speicherung der Wärme erforderlich: großer Wärmespeicher und zusätzliche Wärmeerzeuger

Ökologisches Einsparpotential

- jährliche CO₂-Einsparung von ca. 43 - 97 %
- jährliche CO₂-Reduktion von rund 3.185 bis 7.122 t_{CO2}



(CO₂ Emissionsfaktoren: Erdgas 250 g/kWh, Netzstrom 401 g/kWh)

3.5 Anwendungsbeispiel

Wärmepumpe in Kombination mit Windkraftanlagen

Ortschaft

- 199 untersuchte und beheizte Gebäude
- Landwirtschaftliche Höfe mit überwiegend Fachwerk
- Neuere und ältere Ein- und Mehrfamilienhäuser

Windpark

- In 1,1 km Entfernung zu den ersten Häusern mit einer gesamten Leistung von 12 x 6,8 MW der repowerten Anlagen

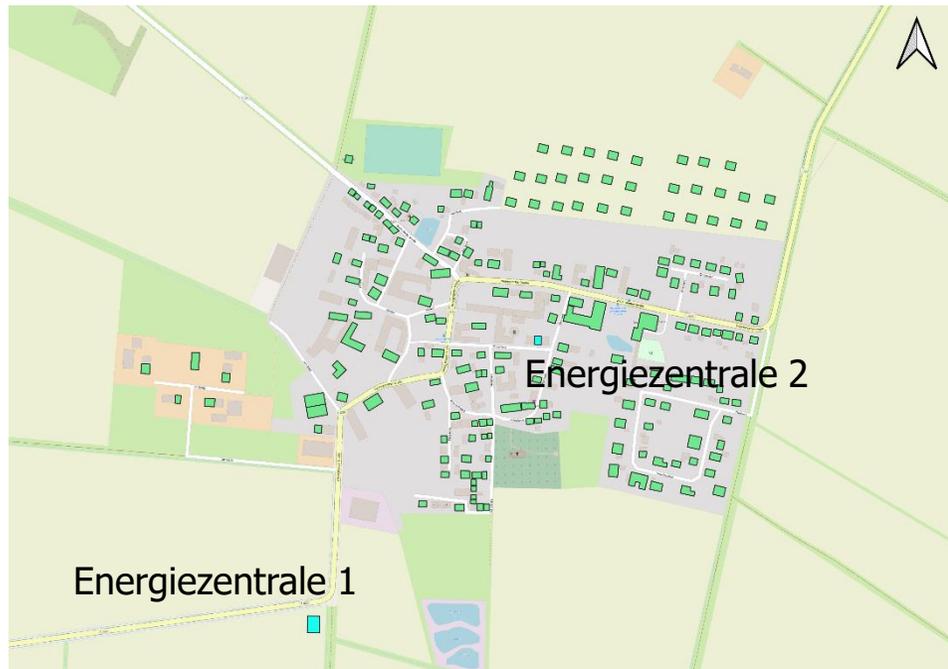
Energiezentrale

- Möglichst viel des regenerativen Windstromes soll für die Wärmeversorgung des Dorfes genutzt werden
- Weiterhin gibt es im Dorf einen 400 kW Hackschnitzelkessel, der ebenfalls eingebunden werden kann

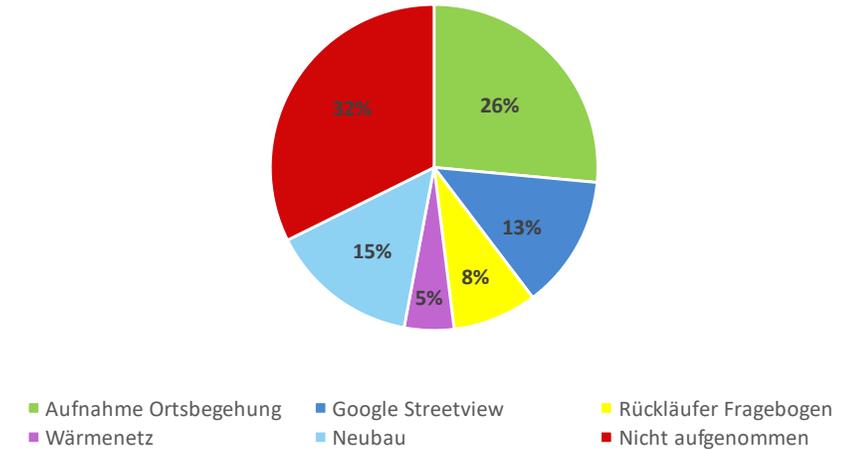


Für rund 67 % der Bestandsgebäude liegen Informationen vor:

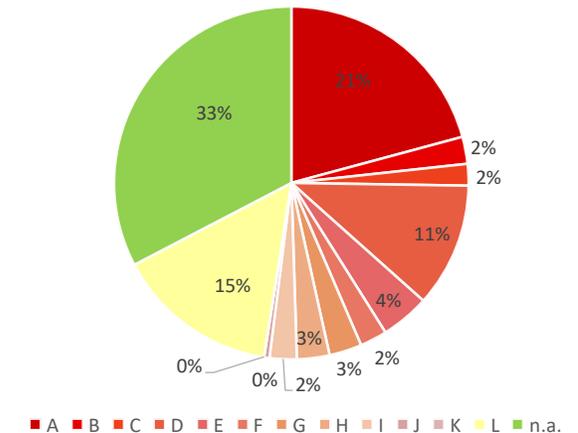
- 25% der erfassten Gebäude ca. vor 1919 gebaut
- 21 % der erfassten Häuser ca. zwischen 1949 und 1983 gebaut
- 21 % sind neuere Bauten ab 1984 inkl. Neubaugebiet (in Planung)



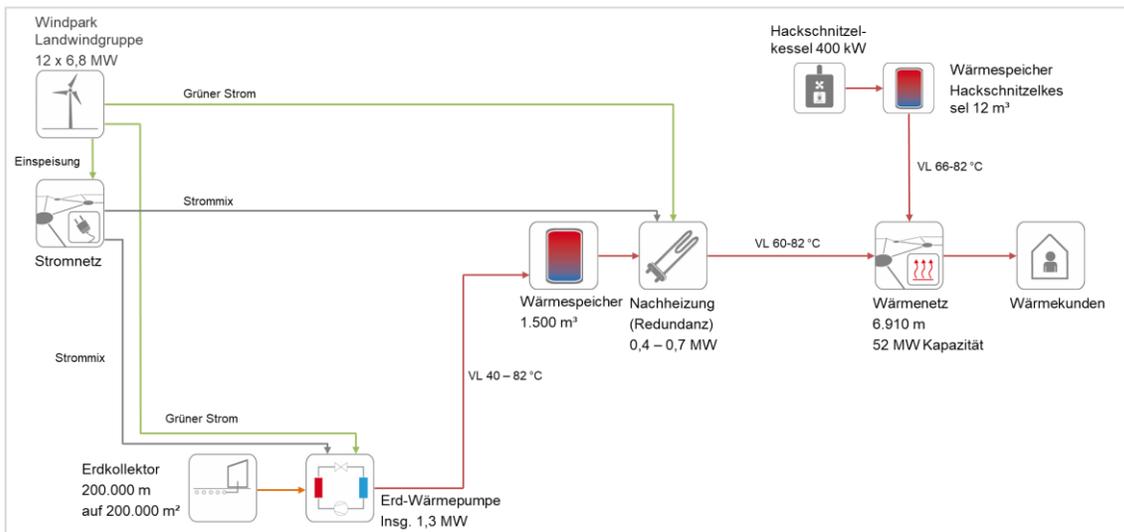
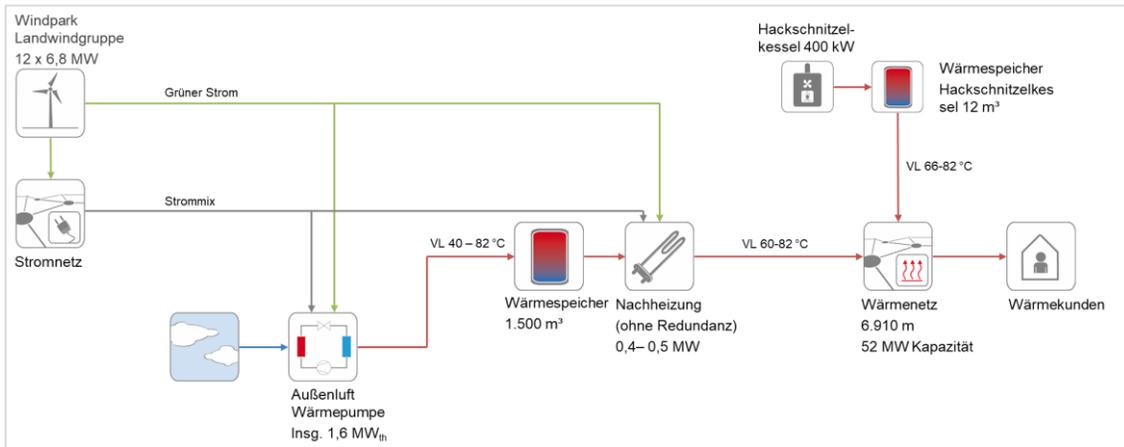
Verteilung der Datengrundlage



Gebäudetypologien

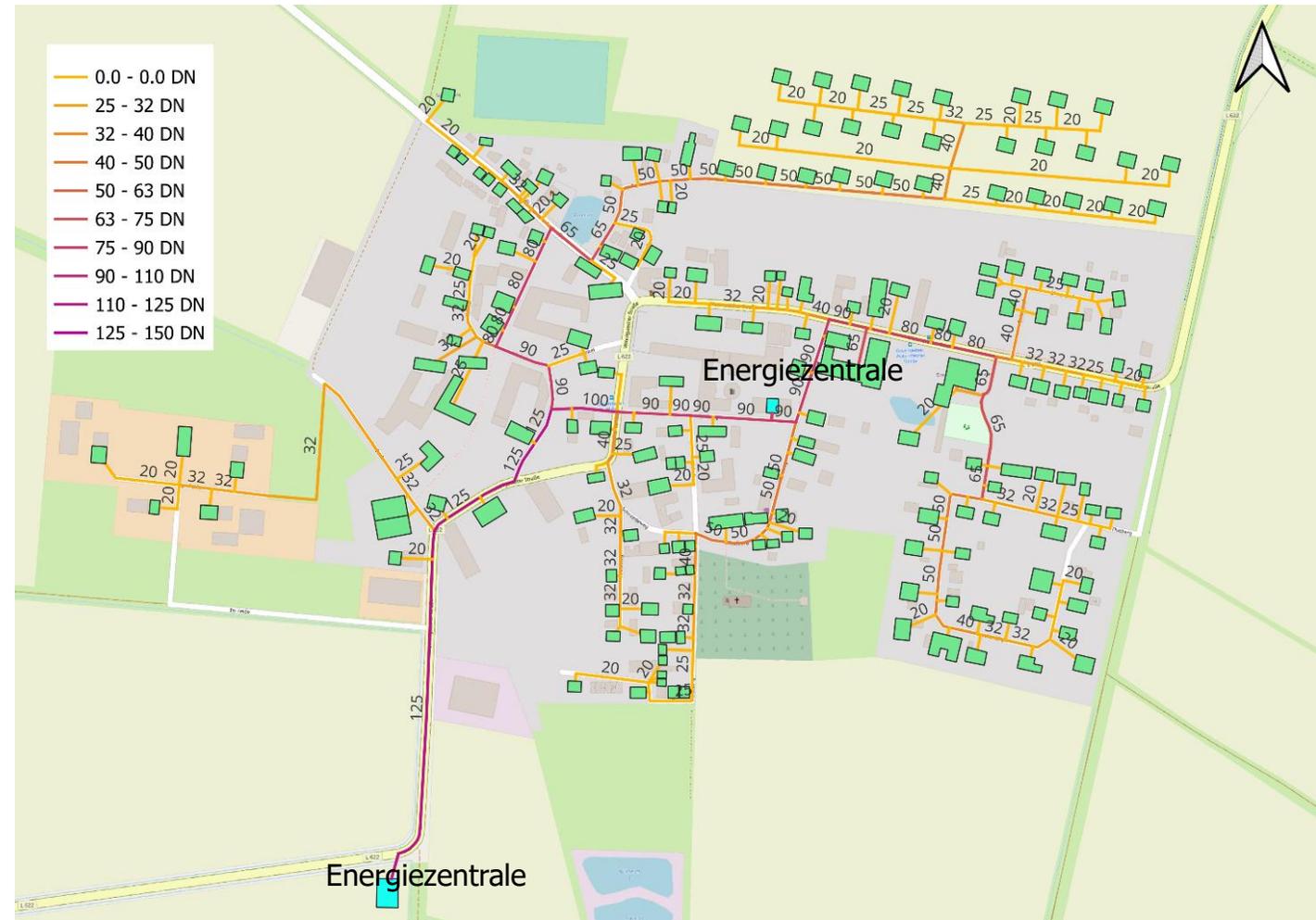


Energieversorgungskonzept



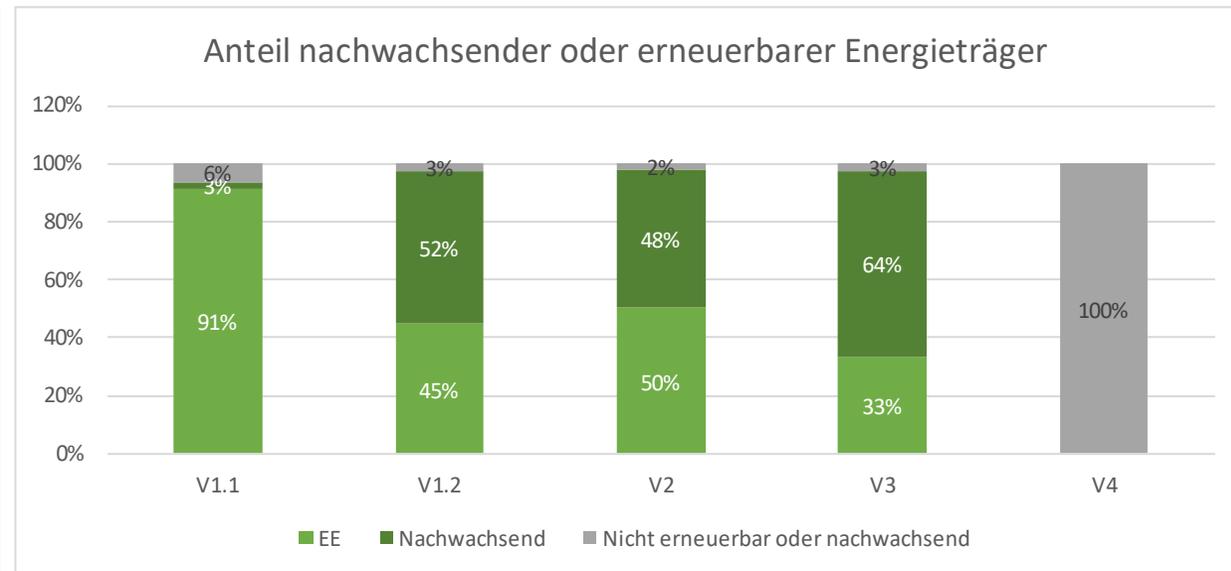
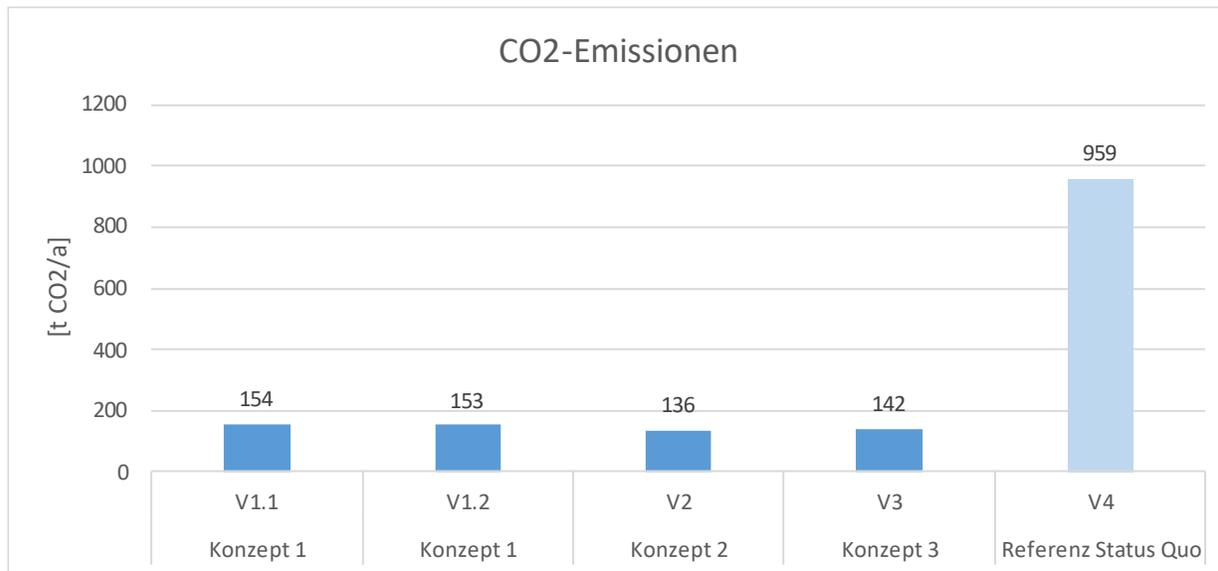
- V1.1 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Holzackschnitzel in Sparbetrieb
- V1.2 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Holzackschnitzel in Vollastbetrieb
- V2 Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektorfeld und Holzackschnitzelkessel in Vollast
- V3 Parallelbetrieb Luft-Wasser-WP und Sole-Wasser-WP mit verkleinertem Erdkollektorfeld und Holzackschnitzelkessel in Vollast
- V4 *Referenzszenario* (zukünftig dezentrale Wärmepumpen in den einzelnen Gebäuden)

- Gleichzeitigkeit des Wärmenetzes:
0,52
- gesamte Länge des Wärmenetzes:
rund 6.910 m



Ökologisches Einsparpotential

- Varianten 1 – 3 → Erzielung hoher Anteile an erneuerbaren Energien (> 90%)
- Reduzierung der CO₂-Emissionen bis zu 86% möglich

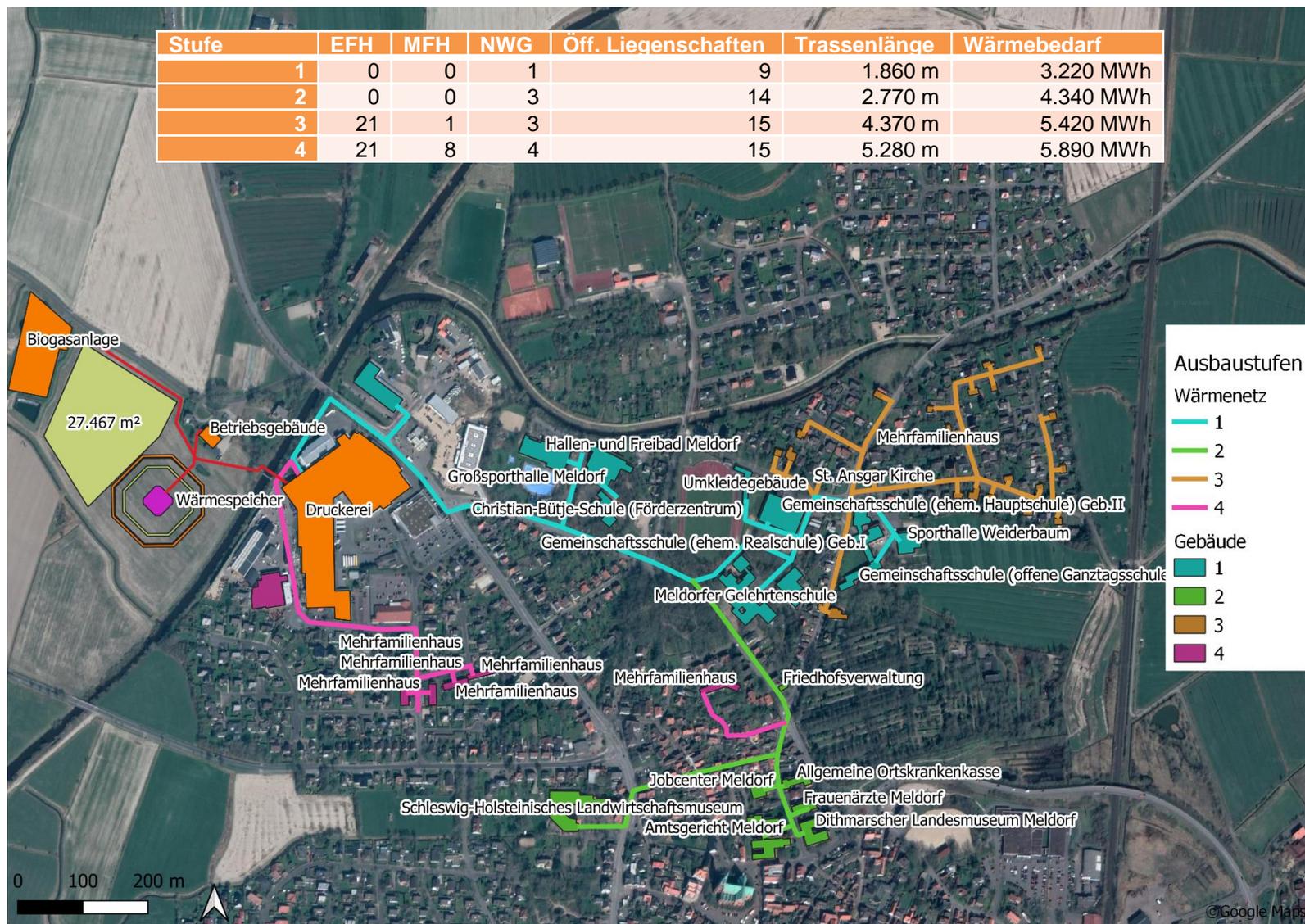


3.6 Anwendungsbeispiel

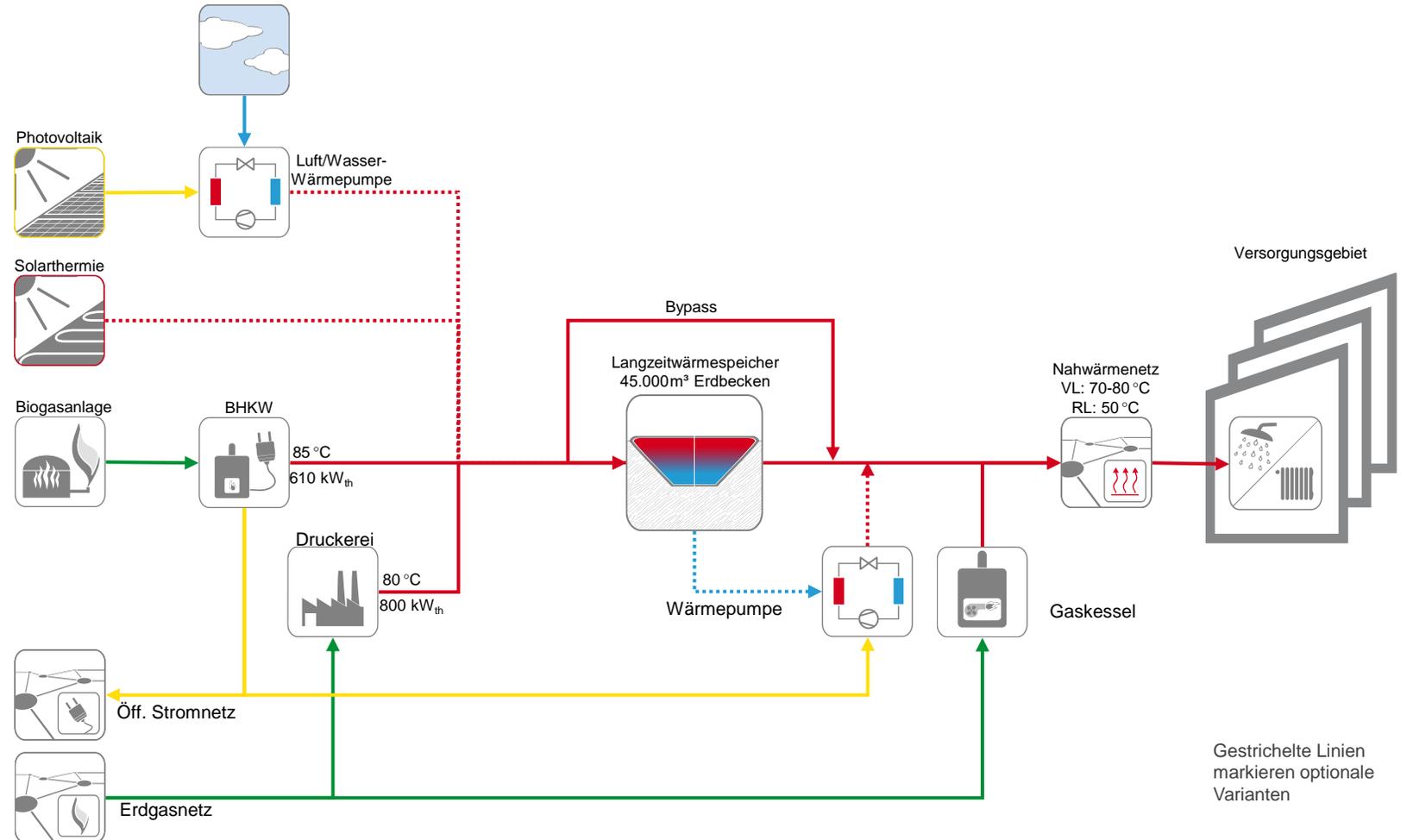
Großwärmepumpe in Kombination mit einem Langzeitspeicher

Quartier in Meldorf

- in Schleswig-Holstein im Kreis Dithmarschen
- ca. 7300 Einwohner



Energieversorgungskonzept



Langzeitwärmespeicher

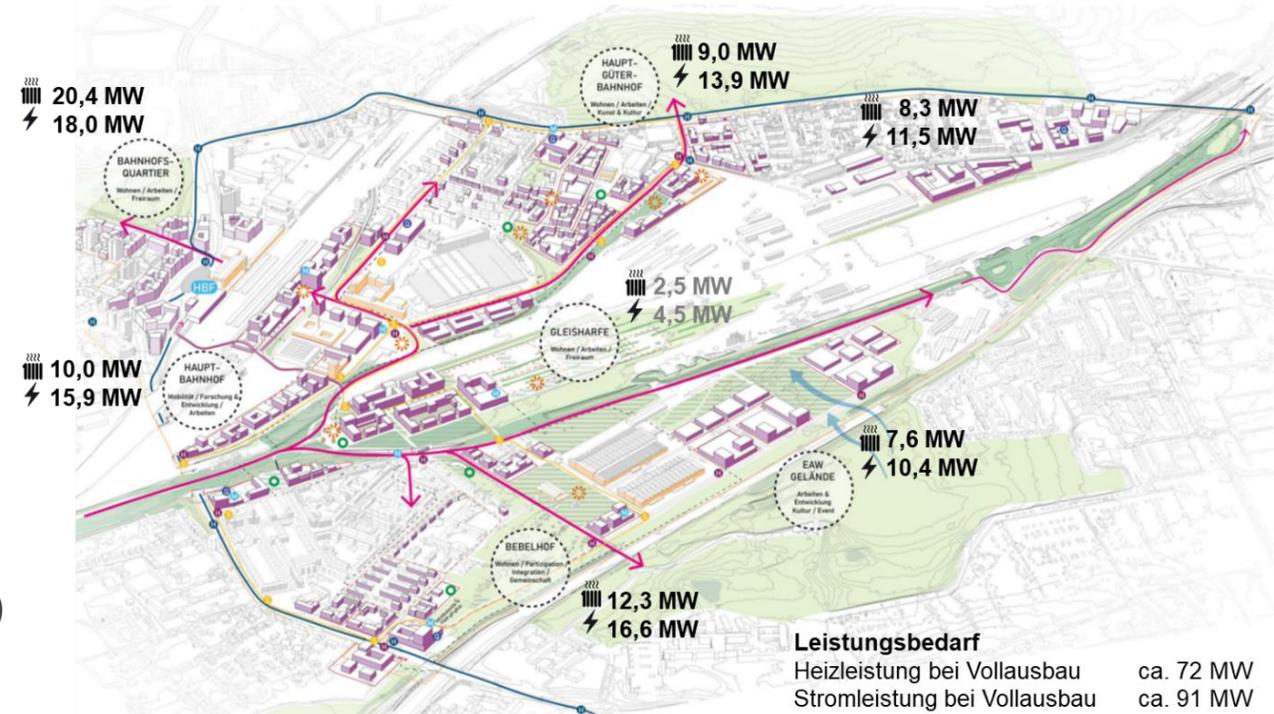
- ~ 45.000 m³ Volumen
- 11 m Höhe, 125 m Durchmesser
- Achteckige Konstruktion zur Optimierung des Platzbedarfs und der Auskleidung mit Kunststoffdichtungsbahnen
- Nutzung von Teilen des Aushubs als Damm





3.7 Was kommt noch? Was ist in der Pipeline Bahnhofsquartier/ Bahnstadt

- Ganzheitliches Energiekonzept Bahnstadt Braunschweig → im Kontext des Forschungsprojektes **Connect to Transform**
- **Hintergrund:** Klimaneutralität Stadt Braunschweig im Gebäudesektor in den kommenden Jahren
- **Fokusthemen:** Solarisierung, Leitungsgebundene Wärmeversorgung, Ressourceneffizienz und Energieeinsparungen durch Sanierungen
- Potenzialanalysen für erneuerbare Energien für:
 - Abwärme aus gewerblichen Betrieben
 - Oberflächengewässer
 - Integration von Großwärmepumpen (Luft / Sole)
 - Speicherkapazitäten thermisch und elektrisch



Bahnstadt günstiger Standort für Experimentierfeld der Zukunft durch ihre Vielfalt und entwickelten Strukturen

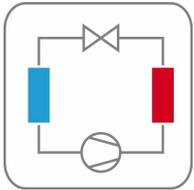
Zusammenfassung



- Ziel: Deutschland soll bis 2045 treibhausgasneutral werden
-> *wie ist der Weg dorthin möglich?*

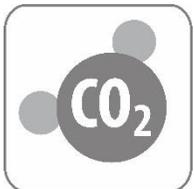


- Wärmepumpen sind bereits Standard bei Heizgeräten in Neubauten
aber: für den gewerblichen Bereich, im Gebäudebestand und auf Quartiersebene werden Wärmepumpen selten als ideale Technologie gesehen → Großwärmepumpen werden daher eine wichtige Rolle spielen



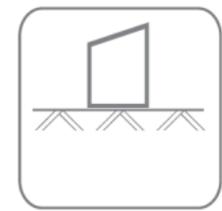
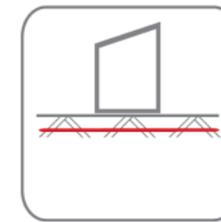
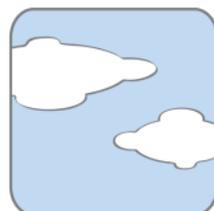
- Großwärmepumpen

- vielfältig einsetzbar, bedürfen aber einer speziellen Auslegung, die anwendungsspezifisch geplant werden muss.
- Ersatz und Austausch von Gasheizkesseln, Integration in bestehende Versorgungskonzepte
-> Konzepte wechseln von dezentraler zu zentraler Versorgung



- CO₂-Emissionsreduktion bei Austausch alter Wärmeerzeuger gegen Wärmepumpe um mehr als 50%.

Vielen Dank für Ihr Interesse!



[1] <https://qgis.org/de/site/>

[2] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (ARGE): Wohnungsbau in Deutschland – 2011
Modernisierung oder Bestandsersatz, 2011

[3] Institut Wohnen und Umwelt (IWU) : Deutsche Wohngebäudetypologie – Beispielhafte Maßnahmen zur
Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden, 2015

[4]

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html

[5] Bundesgesetzblatt 2023: Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze