

Strategische Wärmenetzplanung

Wie erreichen wir Klimaneutralität in unseren Wärmenetzen?



Alle Vorträge finden
Sie hier!

Transformation der Fernwärme

- Was ist strategische Wärmenetzplanung überhaupt?
- Wie sind die aktuellen Rahmenbedingungen in Deutschland?
- Wie funktioniert die Wärmenetzplanung?
- Wie kommen wir in die Umsetzung?

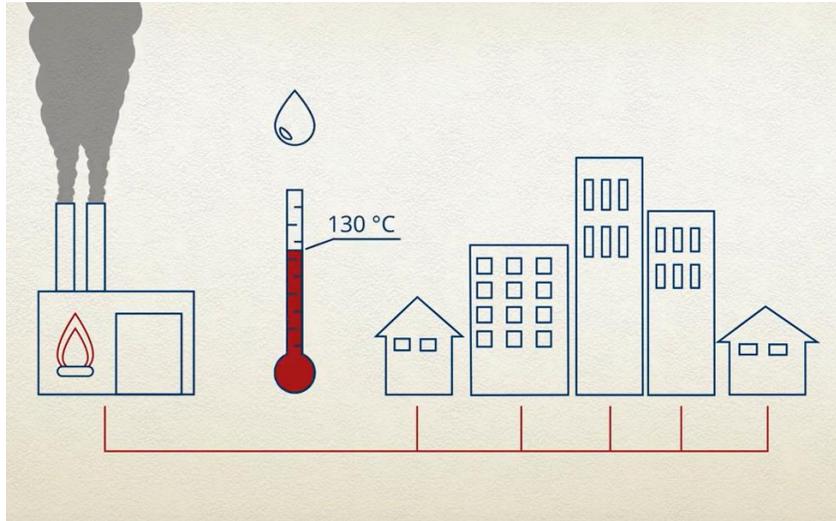
Grundlagen der strategischen Wärmenetzplanung



Alle Vorträge finden
Sie hier!

Kurze Wiederholung...

Konventionelle Fernwärmesysteme



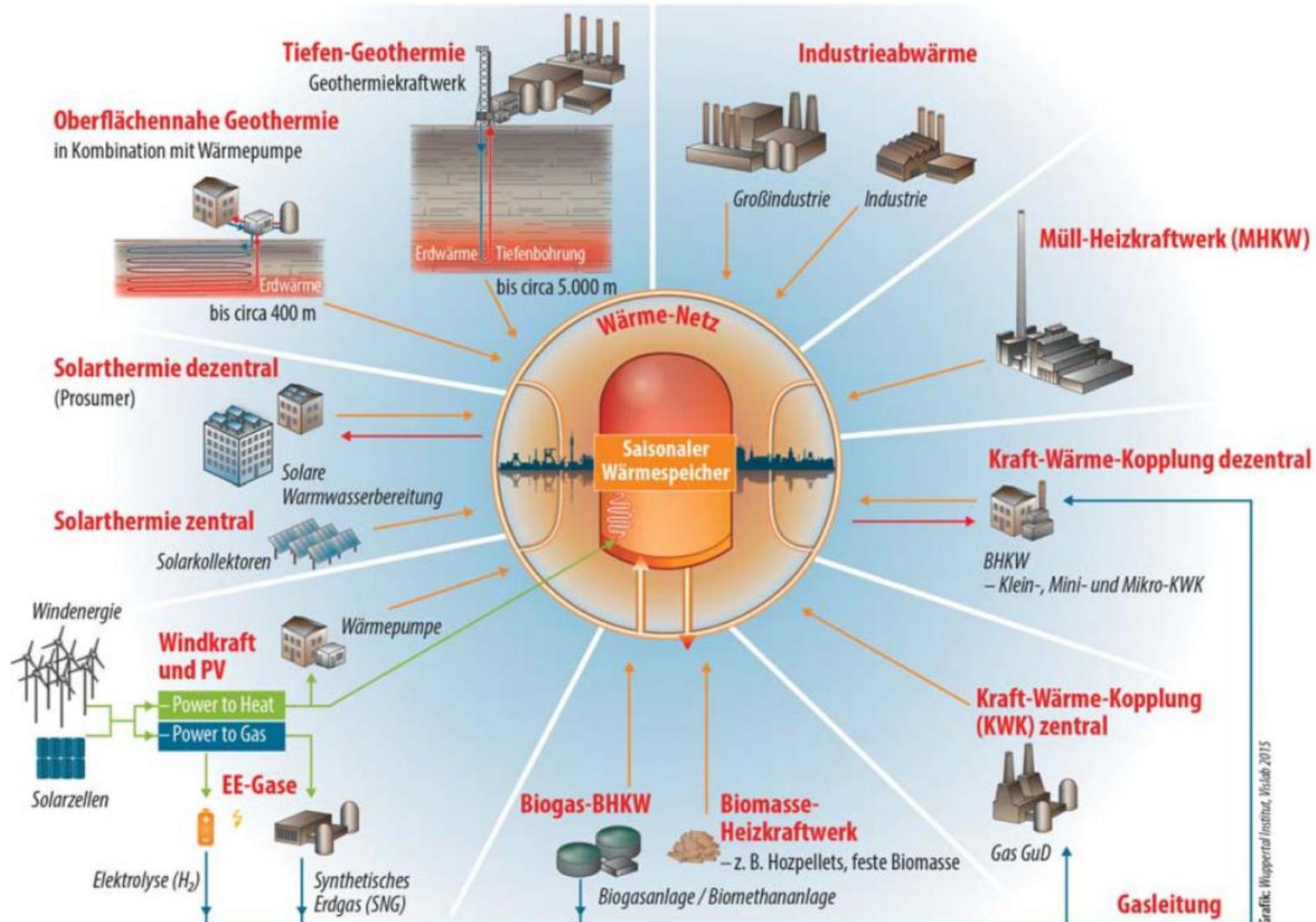
- Zentralisierte, fossile Erzeugung
- Hohe Systemtemperaturen
- Häufig über Jahrzehnte gewachsene Infrastruktur

Zukünftige Fernwärmesysteme



- Dezentralere Erzeugung
- Veränderte technische Anforderungen
- Teilweise fluktuierende bzw. nicht steuerbare Erzeugung

Möglichkeiten für eine erneuerbare Wärmeversorgung



Neue Anforderungen und Herausforderungen in Wärmenetzen

Wärmeerzeuger



- Niedriges Temperaturniveau
- Verteilte, fluktuierende Erzeugung an neuen Standorten
- Wirtschaftlichkeit der Erzeugung
- Sektorkopplung

Wärmenetz



- Netzausbau
- Kompatibilität neuer Anlagen mit Bestandsystemen
- Flexibilität des Systems erforderlich
- Digitalisierung für Datenverarbeitung

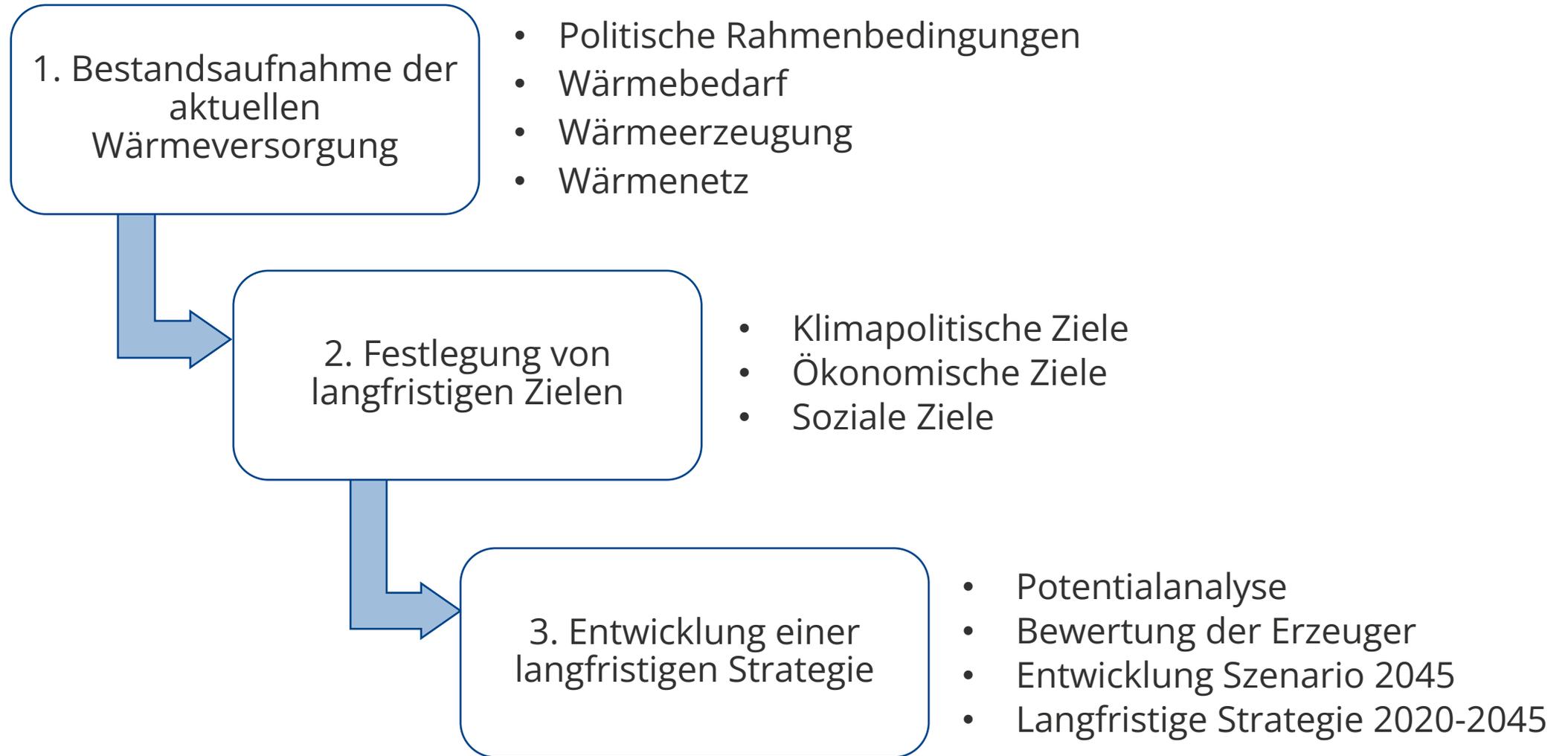
Wärmeverbrauch



- Lückenhafte Datenlage
- Genaue Bedarfserfassung und -prognose für Planung notwendig
- Konkurrenz mit dezentralen Heizsystemen

Lösung: Systemische und langfristige Planung für kosteneffiziente Transformation

Grundlegende Methodik



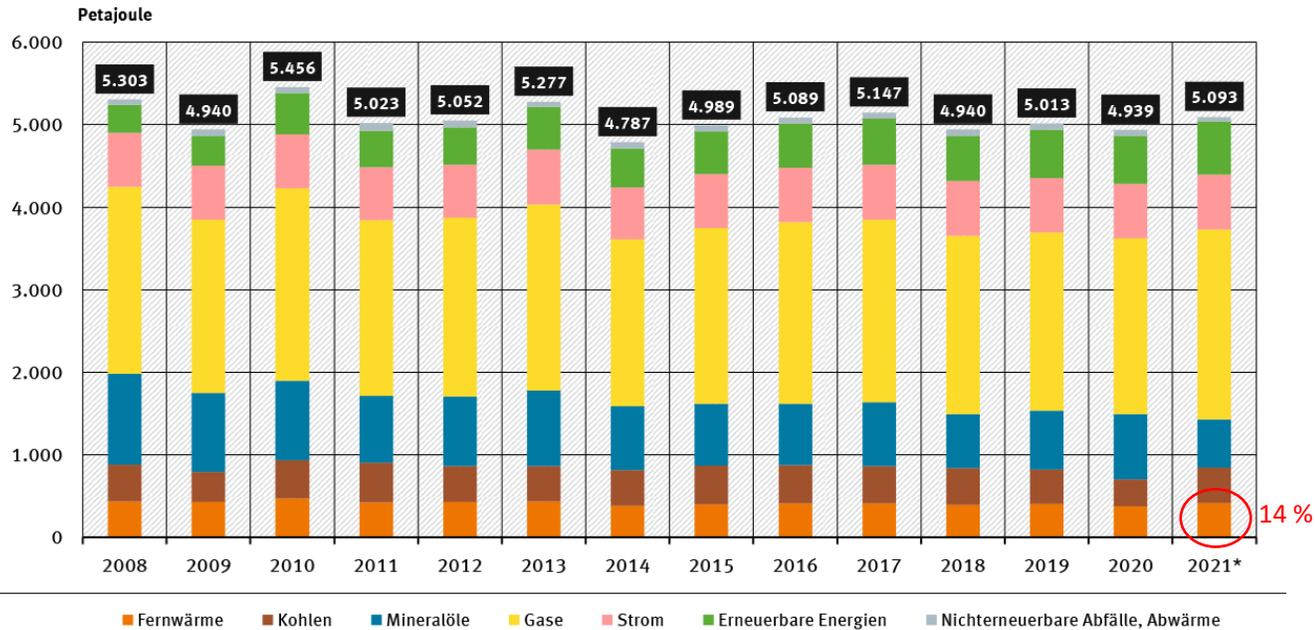
Aktuelle Rahmenbedingungen in Deutschland



Alle Vorträge finden
Sie hier!

Überblick Fernwärmebranche

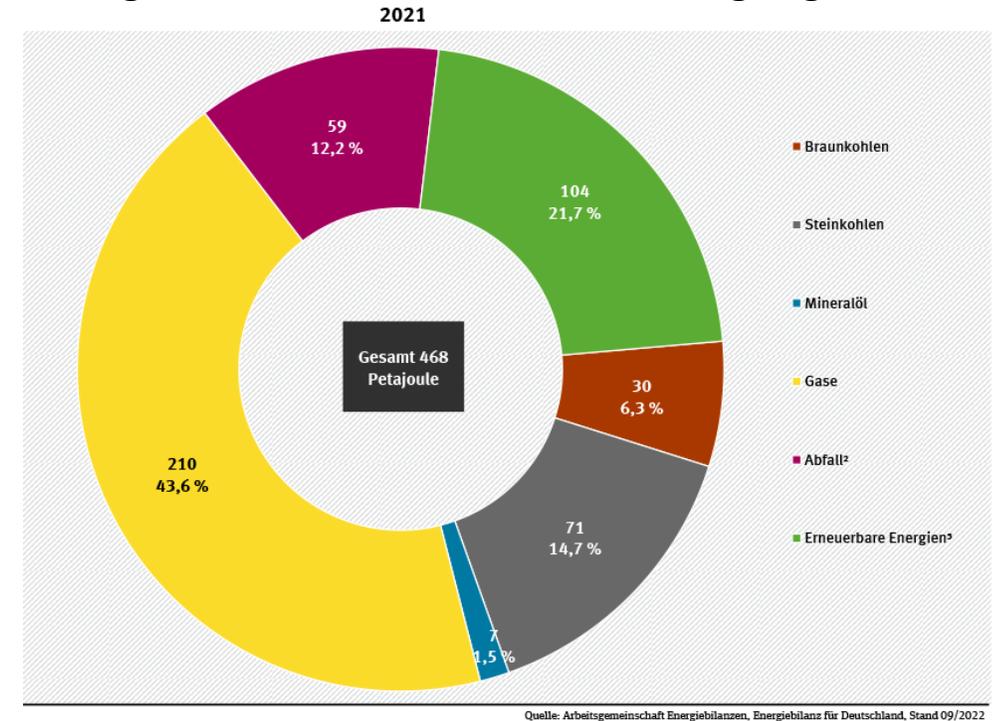
Wärmeverbrauch nach Energieträgern



¹ inkl. Kälteanwendungen
* vorläufige Angaben

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

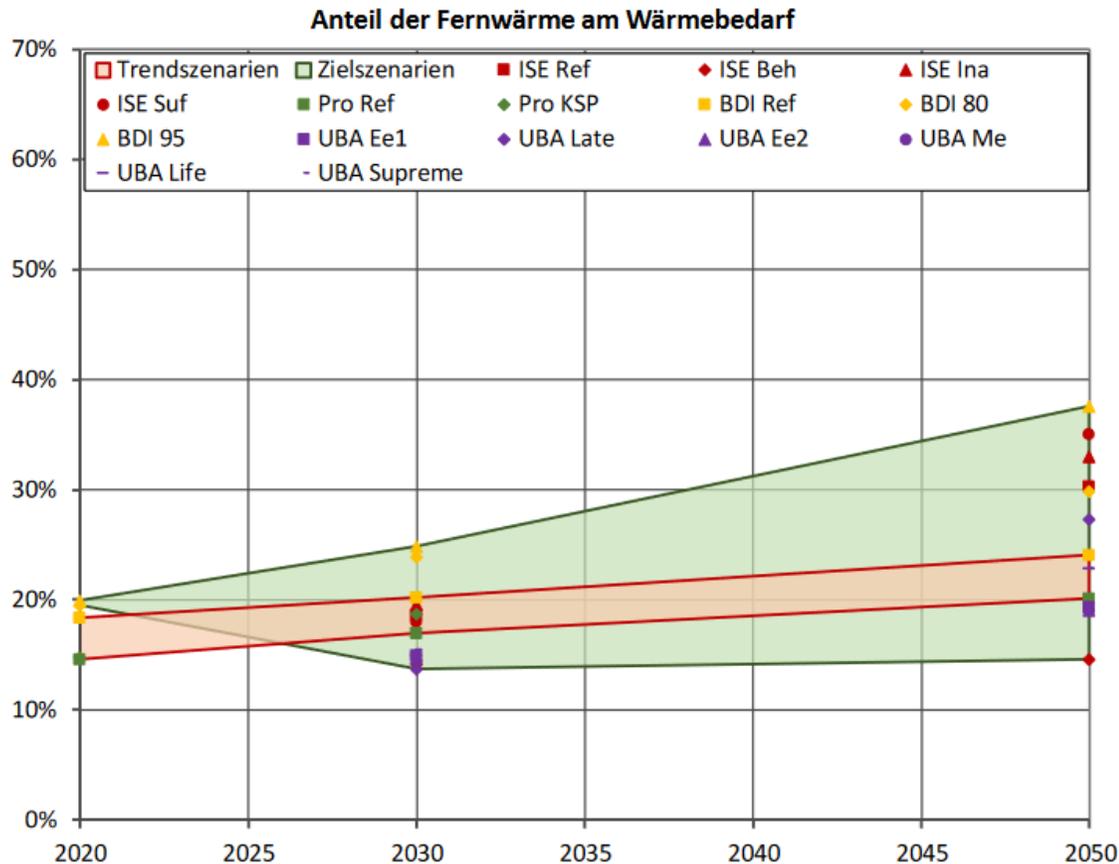
Energieeinsatz zur Fernwärmeerzeugung



- Fernwärmeversorgung erfolgt in ca. 3.800 Netzen von etwa 500 Unternehmen

Fernwärme im zukünftigen Energiesystem

- Energiesystemstudien sehen in der Fernwärme ein wichtiges Instrument für eine kosteneffiziente, erneuerbare Wärmeversorgung
- Zentrale Rolle insbesondere im urbanen Raum



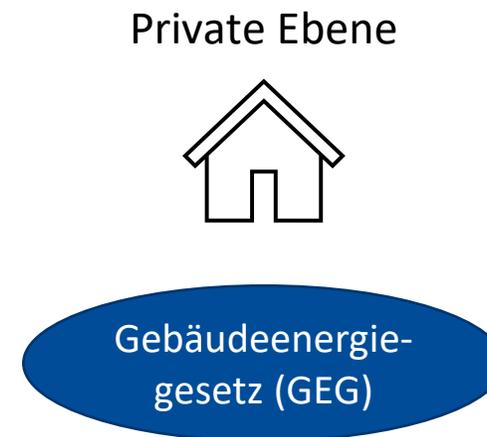
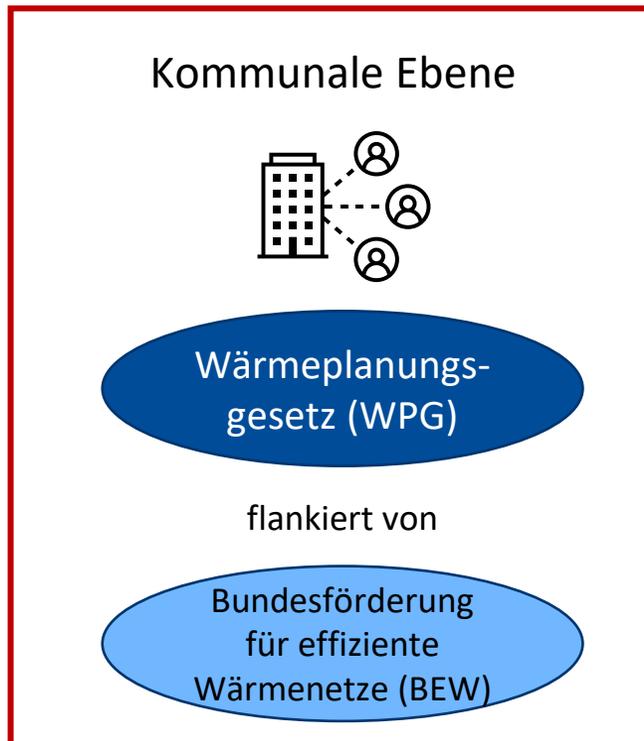
Jahr	2020	2030	2045
Anteil Gemeinden mit Fernwärme			
Großstadt	95%	97%	100%
Mittelstadt	45%	50%	80%
Kleinstadt	20%	30%	50%
Anteil der Fernwärme am Wärmeverbrauch der Gebäude je Gemeinde			
Großstadt	24%	39%	53%
Mittelstadt	6%	12%	26%
Kleinstadt	2%	5%	12%
Anteil der Fernwärme am Wärmeverbrauch der Industrie je Gemeinde			
Großstadt	24%	26%	27%
Mittelstadt	6%	8%	9%
Kleinstadt	2%	4%	5%

Quelle: (AG Energiebilanzen e.V. 2020; AGFW 2015, 2018a; Agora 2021) und eigene Annahmen © Prognos AG 2024

Rechtliche Rahmenbedingungen

- Der Fokus der Energiepolitik lag jahrelang hauptsächlich auf dem Stromsektor
- Spätestens seit Gaskrise und „Heizungsgesetz“ steht auch Wärme im Fokus der Öffentlichkeit

Aktuell gibt es zwei wesentliche gesetzliche Instrumente im Wärmebereich:

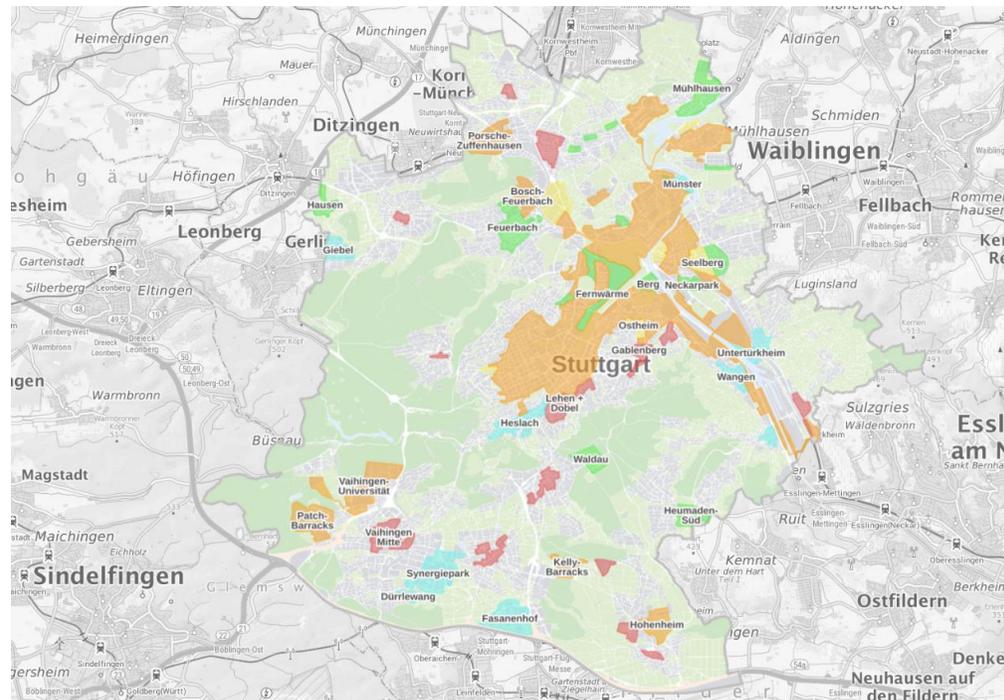


Wärmeplanungsgesetz

1. WPG verpflichtet Kommunen zu Erstellung eines kommunalen Wärmeplans bis 2026/2028

- Festlegung von Eignungsgebieten für zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung im kommunalen Gebiet
- Ermittlung der kostengünstigsten Versorgungsvariante für die einzelnen Gebiete

Beispiel Stuttgart



- bestehende Wärmenetze
- Erweiterung bestehender Netze
- Klimaneutrale Wärmeversorgung besonders herausfordernd
- Wärmenetzeignungsgebiete - in vertiefter Untersuchung
- Wärmenetzeignungsgebiete - vertiefte Untersuchung ausstehend
- Einzelversorgungsgebiete

Wärmeplanungsgesetz

1. WPG verpflichtet Kommunen zu Erstellung eines kommunalen Wärmeplans bis 2026/2028
 - Festlegung von Eignungsgebieten für zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung im kommunalen Gebiet
 - Ermittlung der kostengünstigsten Versorgungsvariante für die einzelnen Gebiete

2. Wärmenetzbetreiber müssen bis 2026 Dekarbonisierungsfahrplan vorlegen
 - Darstellung der Umstellung auf erneuerbare Wärmequellen mit Zwischenzielen (30% bis 2030, 80 % bis 2040)
 - Aktuell kann eine solche Studie mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze gefördert werden

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

- Aktuelles Förderprogramm für die Transformation und den Neubau von erneuerbar versorgten Wärmenetzen mit 4 Modulen

Modul 1:
Transformationspläne/
Machbarkeitsstudien

Modul 2: Bau von
Wärmenetzen

Modul 3:
Einzelmaßnahmenför-
derung

Modul 4:
Betriebskostenförderung
für Solarthermie und
Wärmepumpen

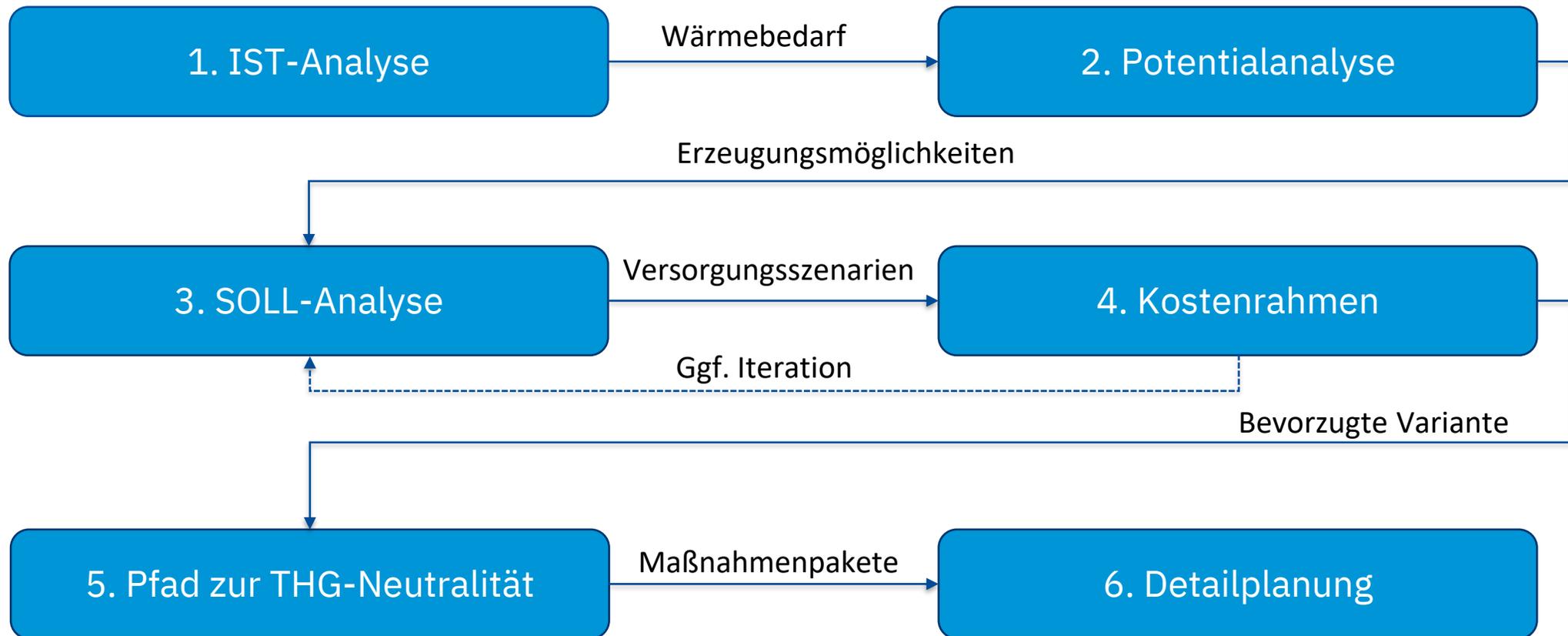
- Beitrag zur Schließung der Wirtschaftlichkeitslücke von erneuerbarer Wärmeversorgung verglichen mit bestehender fossiler Erzeugung

Schritte der Wärmenetzplanung



Alle Vorträge finden
Sie hier!

Übersicht über Planungsschritte nach BEW



1. IST-Analyse

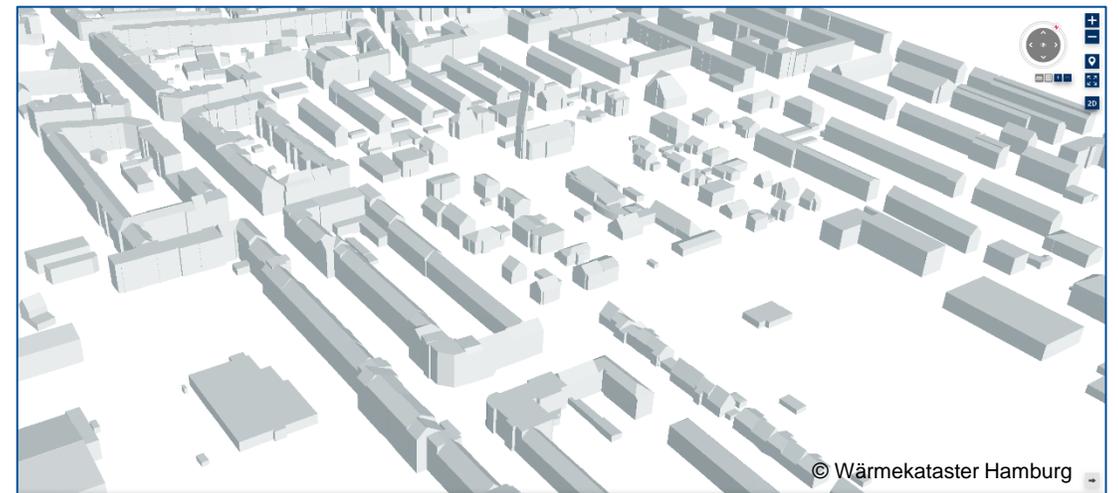
Ziel: Erfassung der aktuellen und zukünftigen Wärmebedarfe und bestehender Erzeugungsanlagen

Herausforderungen:

- Häufig sehr lückenhafte Datenlage bei Bestandsgebäuden
- Gleichgewicht zwischen Aufwand zur Datenerfassung und Kenntniskennnissgewinn
- Datenlage zu Erzeugungspotenzialen örtlich sehr unterschiedlich

Herangehensweise:

- Gezielte Erfassung der bestehenden Energieverbräuche und Erzeugungsdaten
- Ergänzung durch Gebäudemodelle
- Identifikation der relevantesten Verbraucher
- Berücksichtigung Ausbauszenarien und Sanierungspotenziale



2. Potentialermittlung

Ziel: Systematische Erfassung der vorhandenen Erzeugungspotentiale aus erneuerbaren Wärmequellen und Abwärme

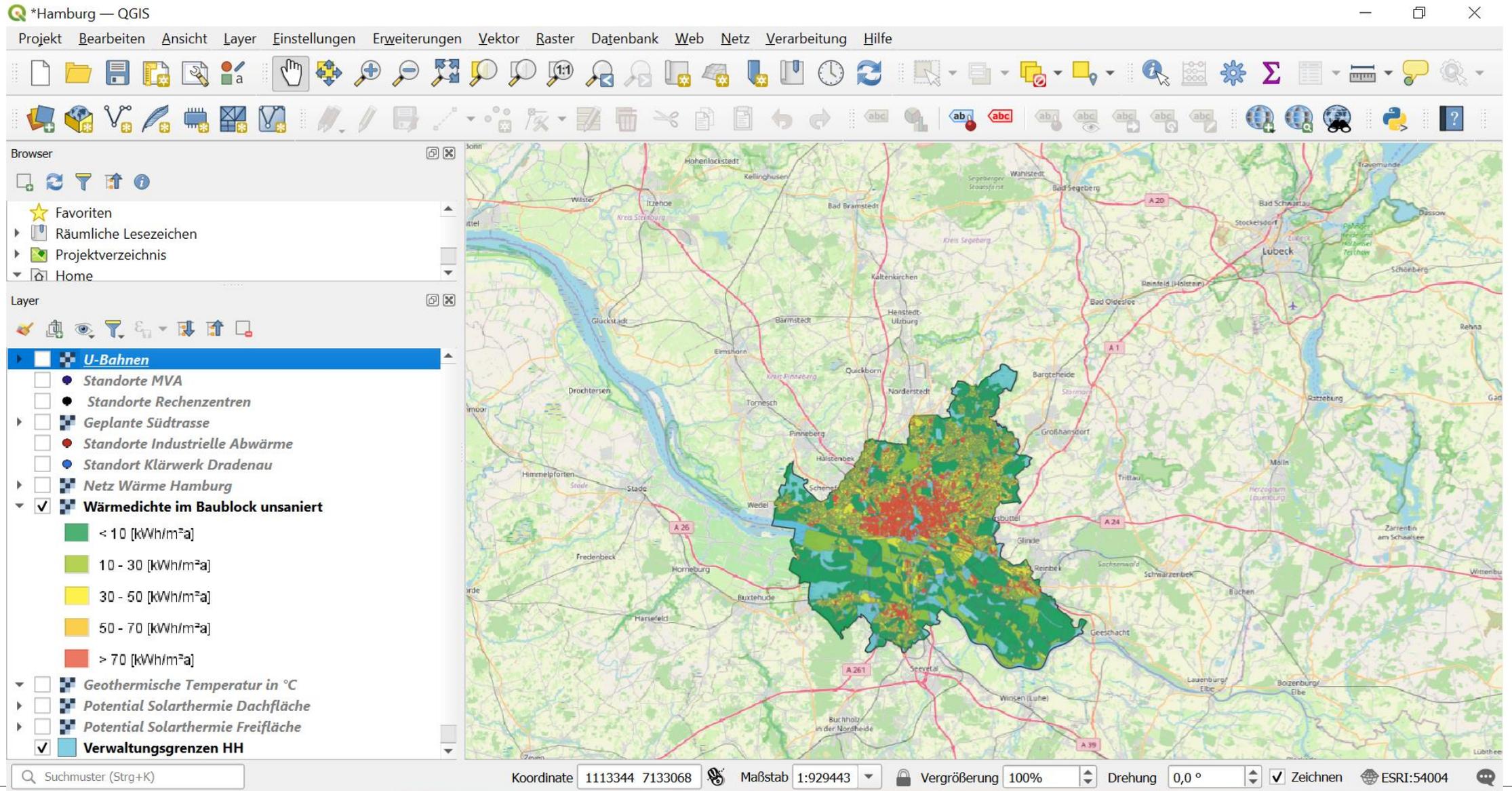
Herausforderungen:

- Datenlage zu Erzeugungspotenzialen örtlich sehr unterschiedlich
- Zusammenspiel verschiedener Akteure notwendig (z.B. bei Abwärmeermittlung)

Herangehensweise:

- Identifikation möglicher Erzeugungspotenziale mittels lokaler und globaler Daten
- Berücksichtigung von Speicherpotenzialen!

2. Potentialermittlung



3. SOLL-Analyse

Ziel: Erarbeitung und Vergleich von Versorgungsszenarien

Herausforderungen:

- Berücksichtigung von Ausbauszenarien im bestehenden Netz
- Berücksichtigung sonstiger städtebaulicher Entwicklungen
- Wirtschaftliche und genehmigungsrechtliche Restriktionen

Herangehensweise:

- Erstellung möglicher Versorgungskonzepte auf Basis der Energiebilanz
- Erste ökonomische und technische Bewertung
- Frühzeitige Berücksichtigung von genehmigungsrechtlichen Aspekten
- Untersuchung der Umsetzbarkeit bezüglich Temperaturen und Transportkapazitäten im Netz

4. Kostenrahmen

- Erste Abschätzung der notwendigen Investitionen und Betriebs- und Verbrauchskosten
- Erste Einschätzung der Wirtschaftlichkeit
- Erste Spezifikationen der Anlagen müssen bekannt sein wird im Fallbeispiel nicht aufgenommen

Investitionen

- Kosten für Erzeugungsanlagen, Netzkomponenten und sonstige bauliche Anlagen
- Grundstückskosten
- Instandsetzungskosten

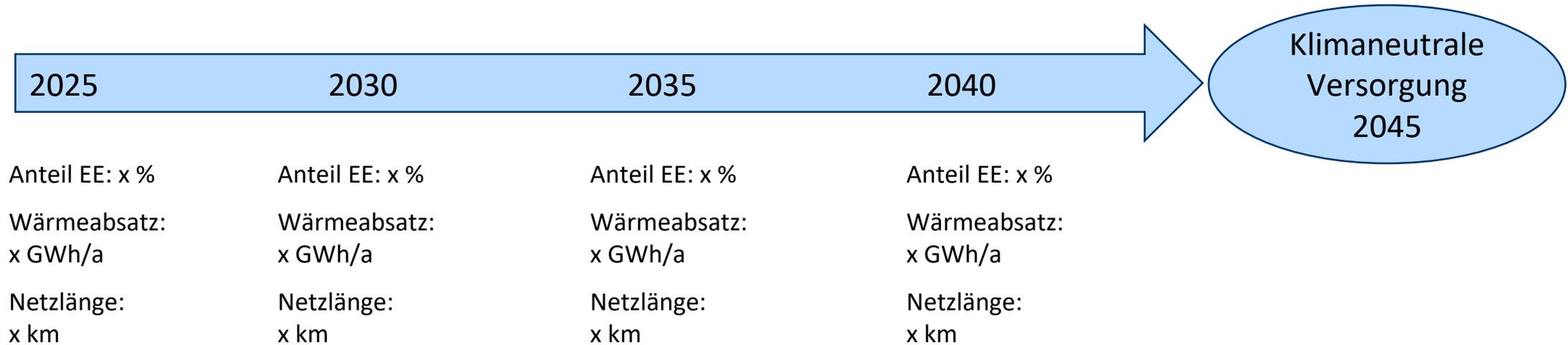
Betriebs-/Verbrauchskosten

- Brennstoffkosten
- Kosten für Hilfsenergie
- Kosten für Betriebsstoffe
- Entsorgungskosten
- Wartungskosten
- Miete oder Pacht
- Kosten für Bedienung (Personal)

Weitere Kosten: Steuern, Versicherungen, Abgaben, Verwaltungskosten, etc.

5. Pfad zur Treibhausgasneutralität

- Ermittlung von Zwischenschritten zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmenetzversorgung
- Festlegung geeigneter Maßnahmenpakete für die Umsetzung des Zielszenarios



6. Detailplanung

Ziel: Ausarbeitung des favorisierten Konzepts

Herausforderungen:

- Integration der neuen Erzeuger in Bestandssystem
- Hydraulische Restriktionen durch bestehende Infrastruktur
- Geänderte Anforderungen durch erneuerbare Erzeuger
- Wirtschaftliche Realisierbarkeit



Herangehensweise:

- Detaillierte thermo-hydraulische Netzsimulation
 - Planung des Trassenverlaufs
 - Berechnung der notwendigen Rohrdimensionen
 - Identifikation von Netzengpässen
 - Simulation verschiedener Lastfälle
- Detaillierte wirtschaftliche Bewertung
- Detaillierte Genehmigungsplanung
- Entwicklung eines Regelungskonzepts
 - Gestützt auf Simulationsmodell
 - Kombination von neuen und alten Anlagen
- (Weiter)-Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie
- Entwicklung einer Temperaturstrategie
 - Ableitung von Anforderungen aus Erzeugerkonzept
 - Erarbeitung von Optimierungsmaßnahmen für Absenkung von Rück- und Vorlauftemperaturen

Durchführung am Beispiel von Hamburg



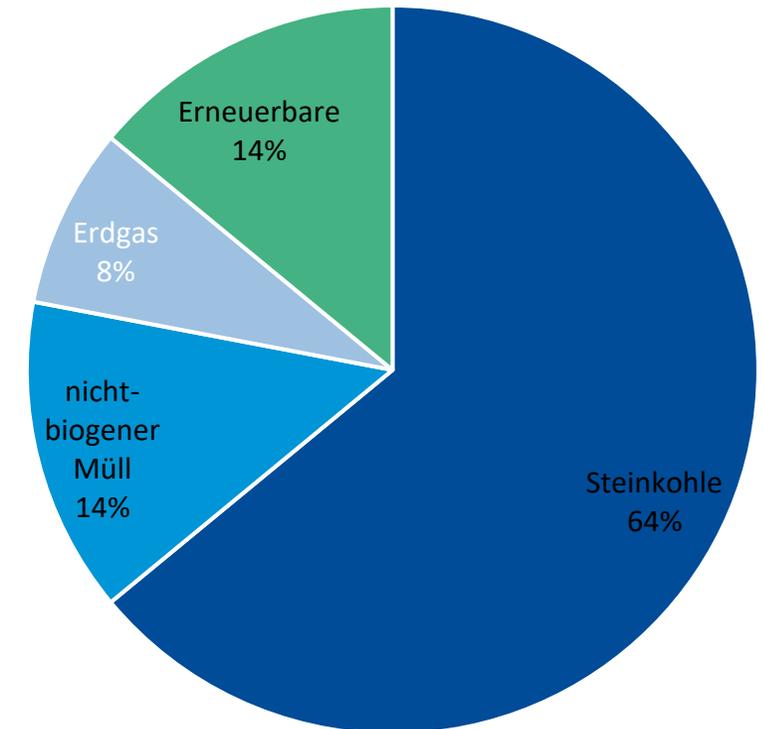
Alle Vorträge finden
Sie hier!

IST-Analyse

Bestandsanalyse des Netzes

Fernwärmesystem

Länge der Rohrleitungen	860 km
Übergabestationen	11.600
Querschnitt der Rohrleitungen	DN 32 bis DN 800 [mm]
Druck in den Rohren	maximal 20 bar
Temperatur zum Kunden, Raumheizung	90 bis 133° Celsius
Temperatur vom Kunden, Rücklauf	50° Celsius
Wohneinheiten (Ende 2019)	500.000



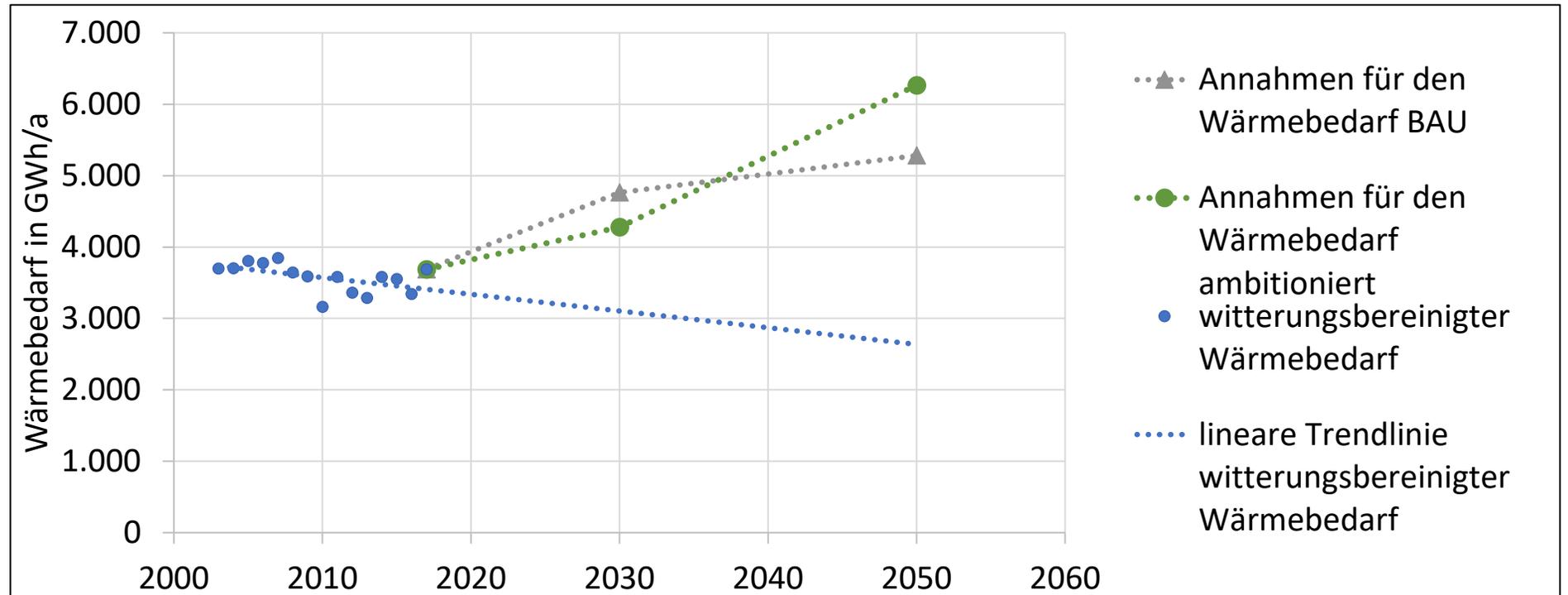
IST-Analyse

Bedarfsprognose

Berücksichtigung von:

- Neuanschlüssen und geplanten Netzerweiterungen
- Sanierungsquoten
- Klimatischen Veränderungen

Beispielhafte
Bedarfsschätzung:
5.280 GWh/a in 2050



Potenzialermittlung

Überblick über Erzeugungsmöglichkeiten



Solarthermie



Umweltwärme



Biomasse



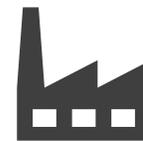
Städtische Abwärme



Tiefe Geothermie



Abwasserabwärme



Industrielle Abwärme



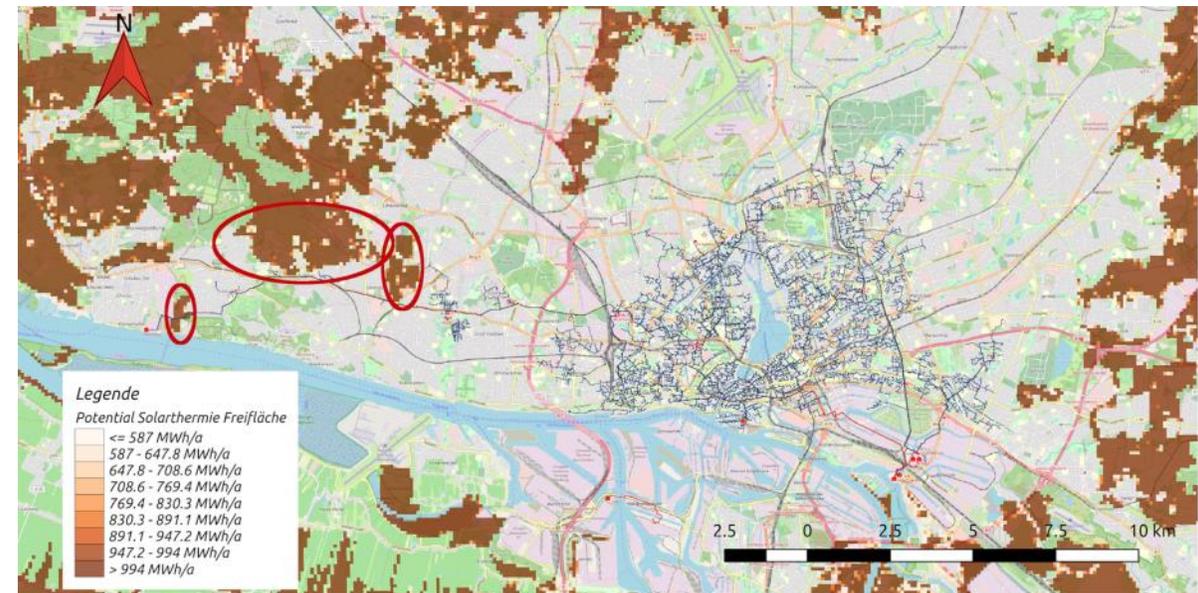
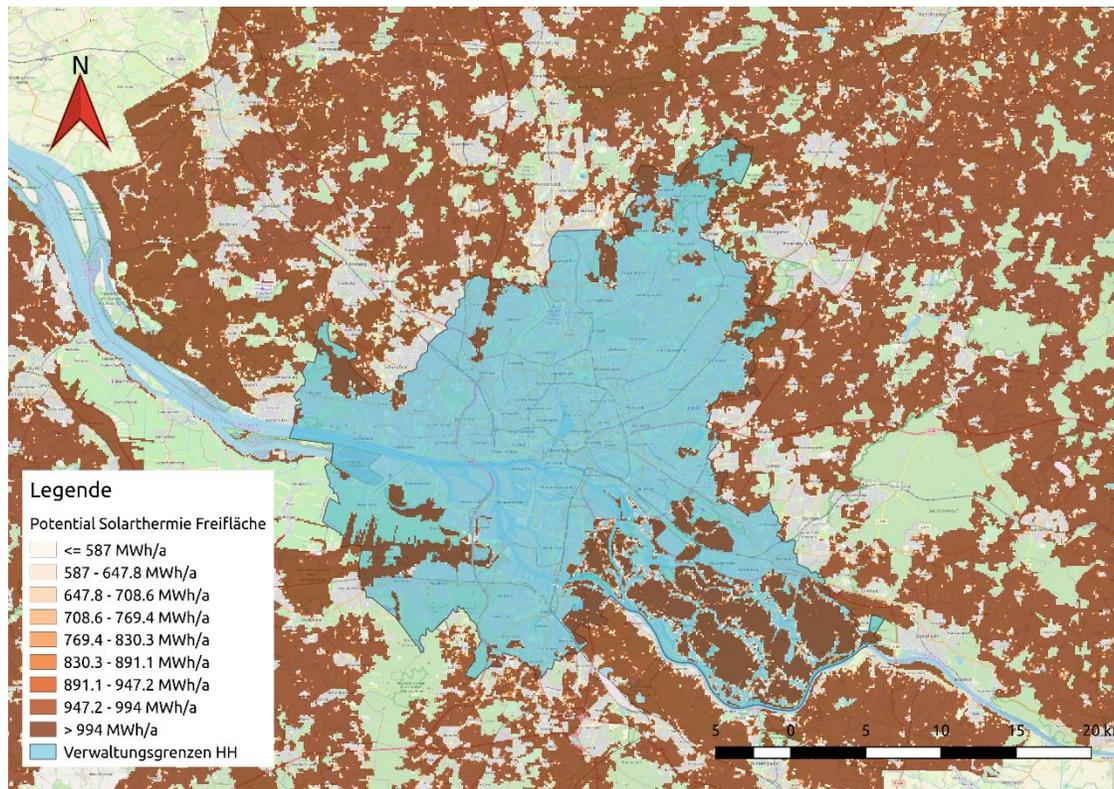
Müllverbrennung



Power-to-Heat/
synth. Gase

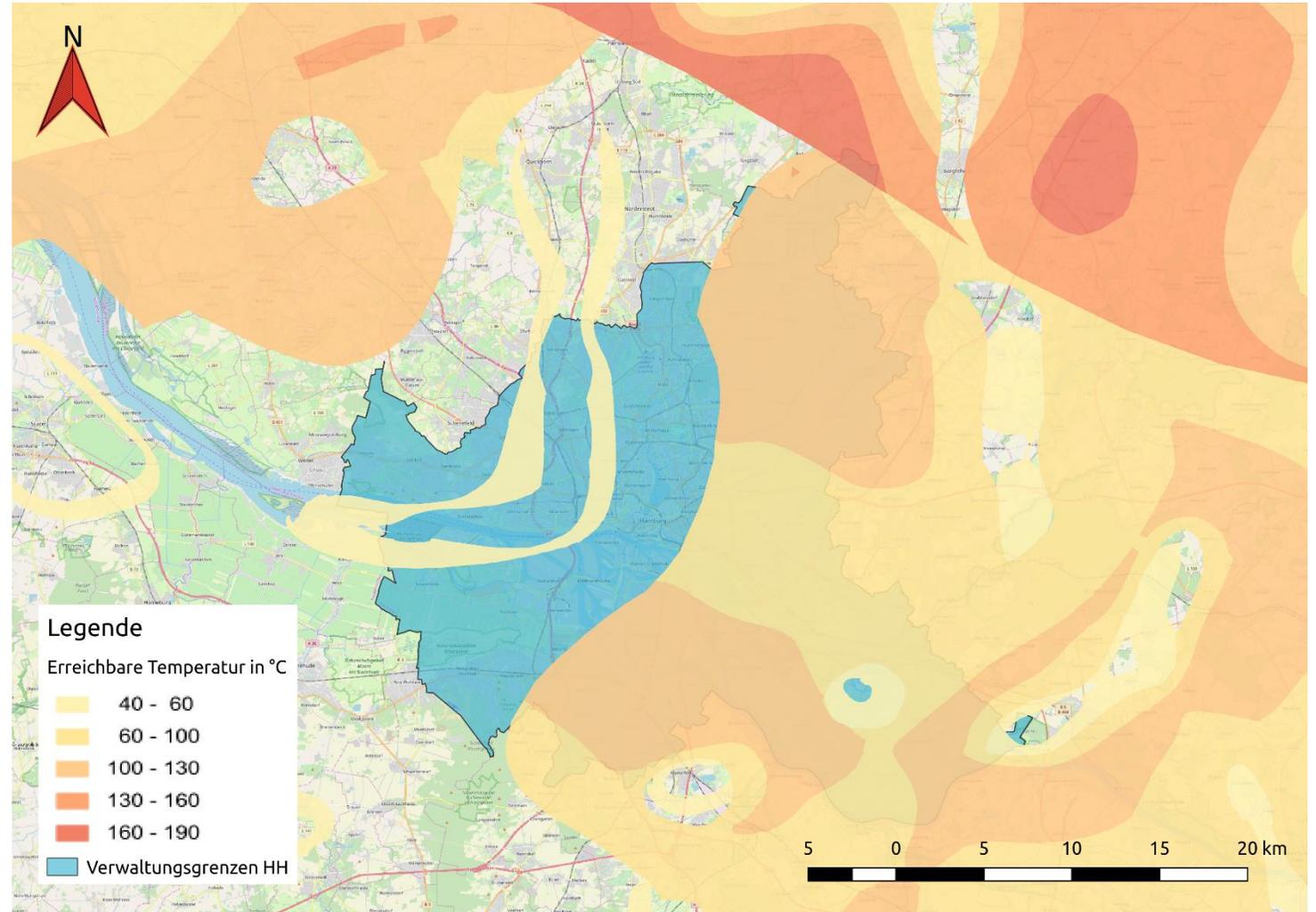
Potentiale Solarthermie

- Prinzipiell sind Freiflächen- und Dachflächenanlage in Betracht zu ziehen
- Dachflächen sind meist eher ungeeignet aufgrund der kleinen Flächen und aufwändiger Integration
- Flächenknappheit im urbanen Raum
- Solarthermie im großen Stil nur mit Speicher sinnvoll



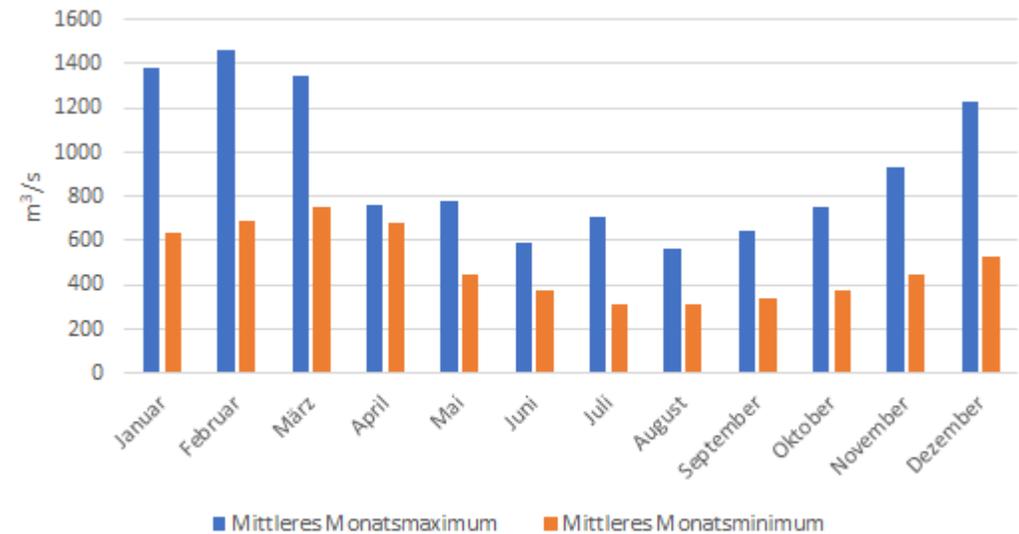
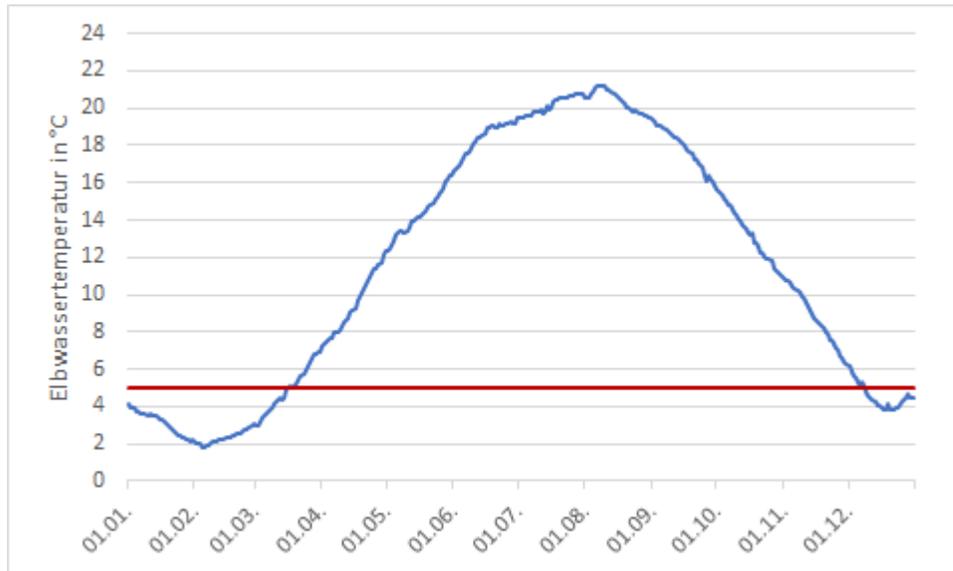
Potentiale Geothermie

- Hohes Erschließungsrisiko
- Hohe Unsicherheit bei oberflächlicher Potentialabschätzung
- Hamburg liegt im Norddeutschen Becken ☐ prinzipiell für Geothermie geeignet
- Temperaturen allerdings sehr tiefenabhängig
- Genaue Bestimmung nur mit entsprechenden Probebohrungen möglich ☐ hoher Anfangsinvest!



Potentiale Flusswasser-Wärmepumpe

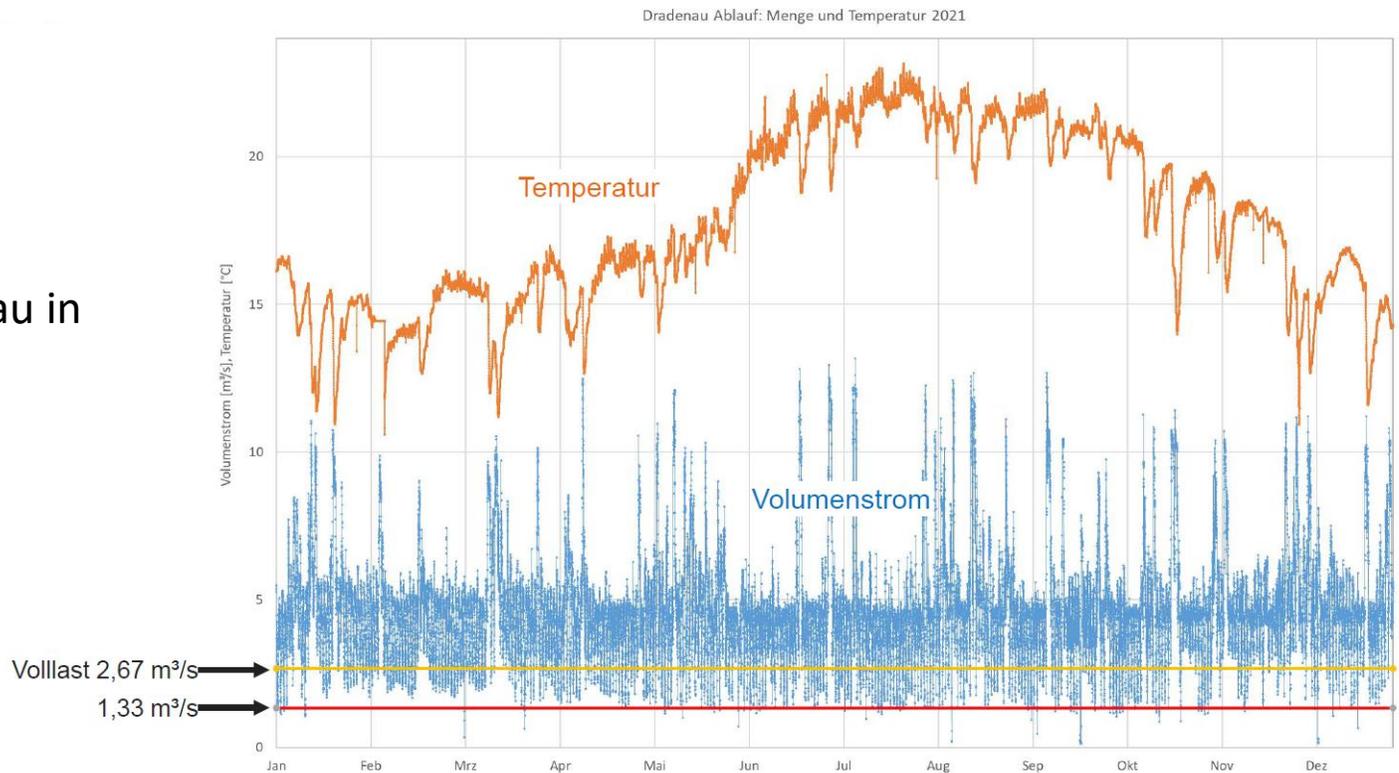
- Potential insbesondere abhängig von Wassertemperatur und Durchflussmenge
 - Hohes Potential aufgrund der großen Volumenströme
 - Elbe, wie die meisten deutschen Flüsse, im Winter nur sehr eingeschränkt nutzbar wegen geringer Temperatur
- ☐ Diskrepanz zwischen Bedarf und (kostengünstigem) Potential



Potentiale Abwasser-Wärmepumpe

- Potential wie bei Flusswassernutzung abhängig von Wassertemperatur und Durchflussmenge
 - Aber: Temperatur deutlich konstanter und immer deutlich über 0°C
- Wärmeentnahme i. d. R. am Ablauf der Kläranlage

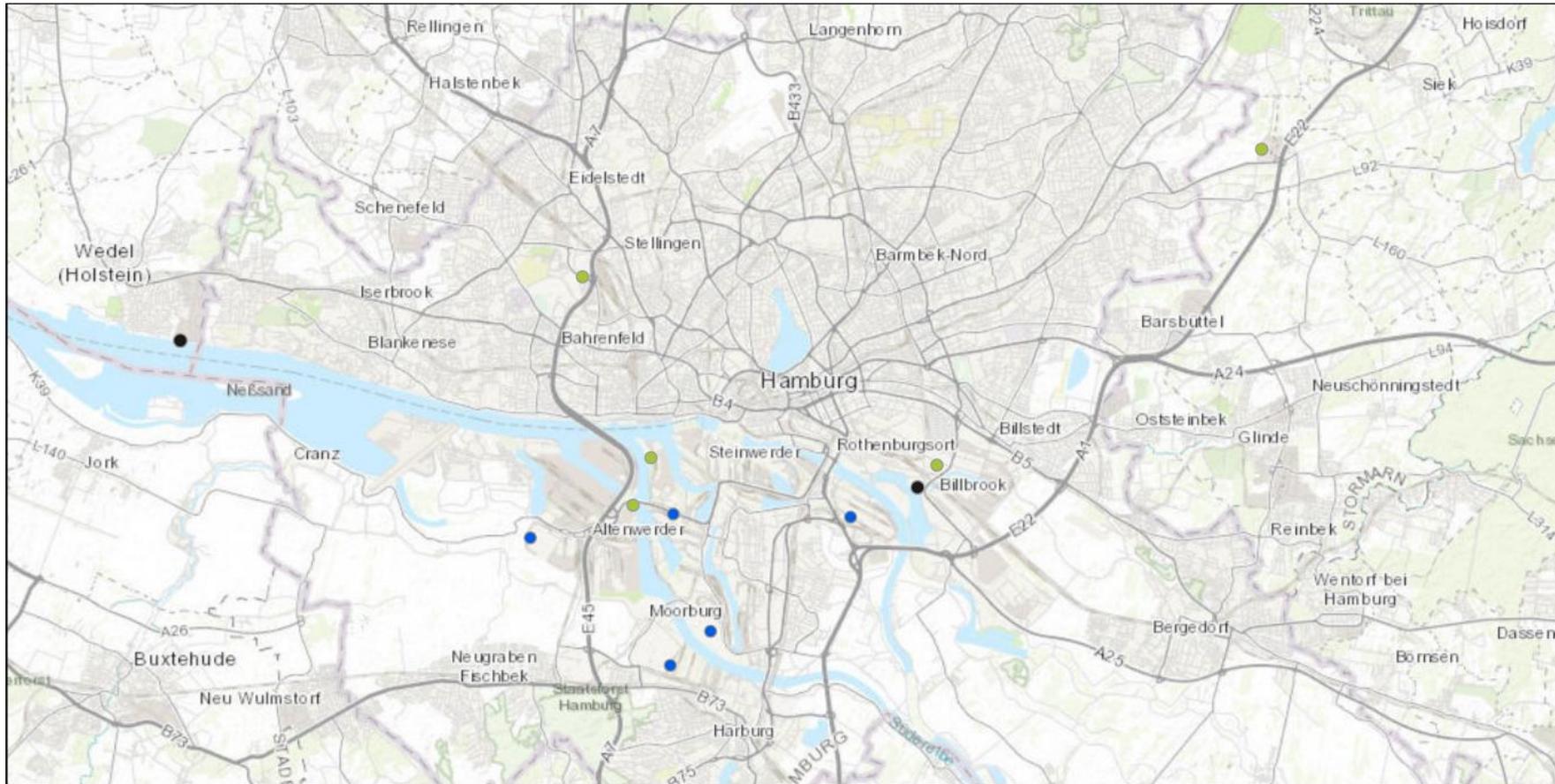
Jahresganglinie des Klärwerks Dradenau in Hamburg



Potentiale Abwärme

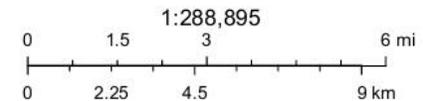
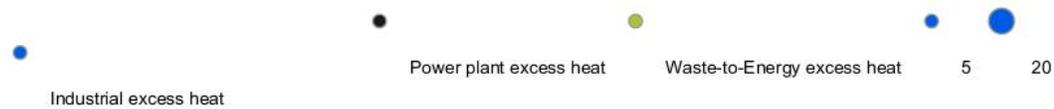
- Unterscheidung zwischen Hochtemperatur-Abwärme und Niedertemperatur-Abwärme
- Hochtemperatur-Abwärme:
 - Abwärmtemperatur $>$ Netzvorlauftemperatur direkt nutzbar
 - i. d. R. Industriebetriebe (z.B. Metallindustrie)
 - Hamburger Beispiel: Abwärmeauskopplung aus der Kupferproduktion Aurubis
- Niedertemperatur-Abwärme:
 - Abwärmtemperatur $<$ Netzvorlauftemperatur nur mit Wärmepumpe nutzbar
 - Vielfältige Quellen (z.B. Rechenzentren, Elektrolyseure, große Kühlanlagen)
 - Potentiale teilweise sehr kleinteilig Wirtschaftlichkeit häufig nicht gegeben
- Sehr individuelle Randbedingungen und Anforderungen erfordern immer eine Einzelfallprüfung

Potentiale Abwärme



28.11.2019, 11:48:51

Conventional Excess Heat Activities (HRE4)



Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Flensburg, Halmstad and Aalborg Universities, www.heatroadmap.eu
Copyright 2018, Europa-Universität Flensburg

Potentiale Biomasse

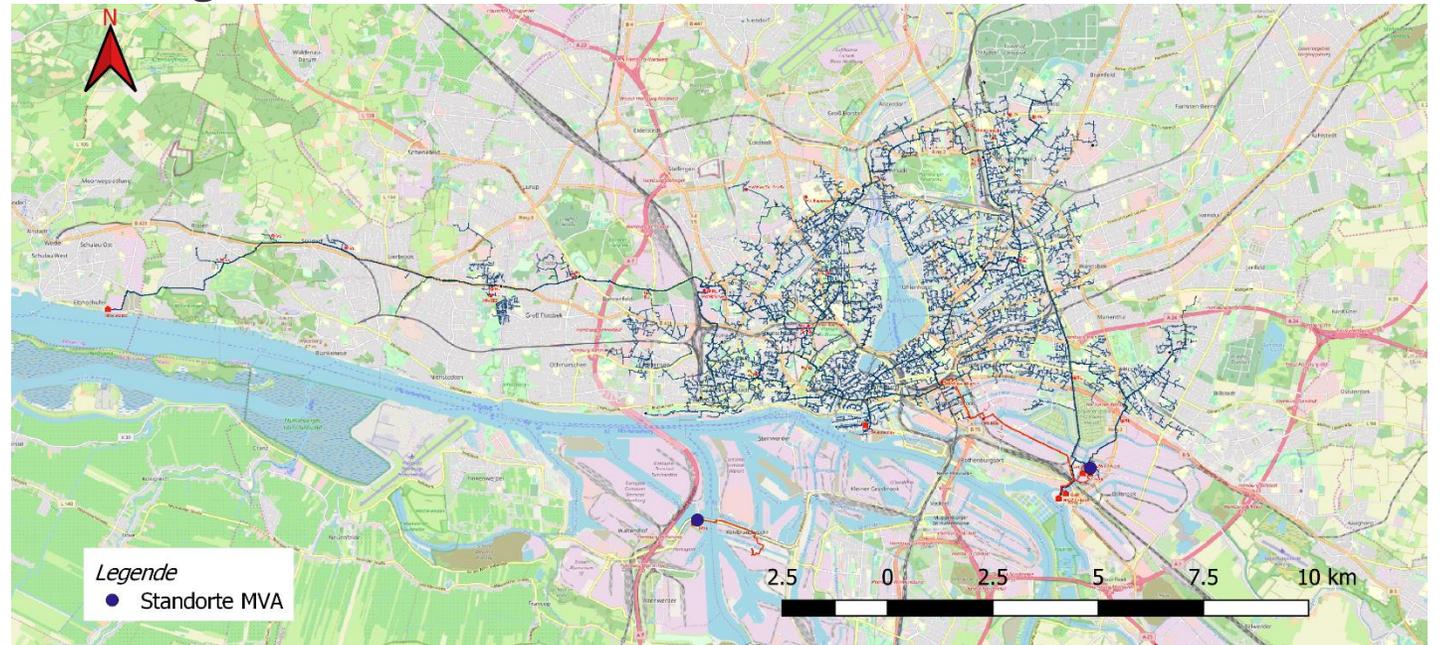
- Energetische Nutzung von Biomasse nur in begrenztem Umfang nachhaltig
 - Herkunft der Biomasse
 - Transportwege
- Feststoffe für Verbrennung
- Feuchte Biomasse (z.B. Bioabfall) für Vergärung und anschließende Verwertung des Biogases
- Berücksichtigung des Umlandes möglich
- Dennoch begrenztes Potenzial
- Nutzungskonkurrenz steigt im zukünftigen Energiesystem (z.B. stoffliche Verwertung, Biokraftstoffe, etc.)



Potentiale Müllverbrennung

- Herausforderung: Restmüllverbrennung ist nicht CO₂-neutral
- Aktuell werden Emissionen aus Müllverbrennung allerdings den Haushalten bzw. Unternehmen zugeordnet
- Bilanziell wird Abwärme aus Müllverbrennung in der Wärme als klimaneutral betrachtet

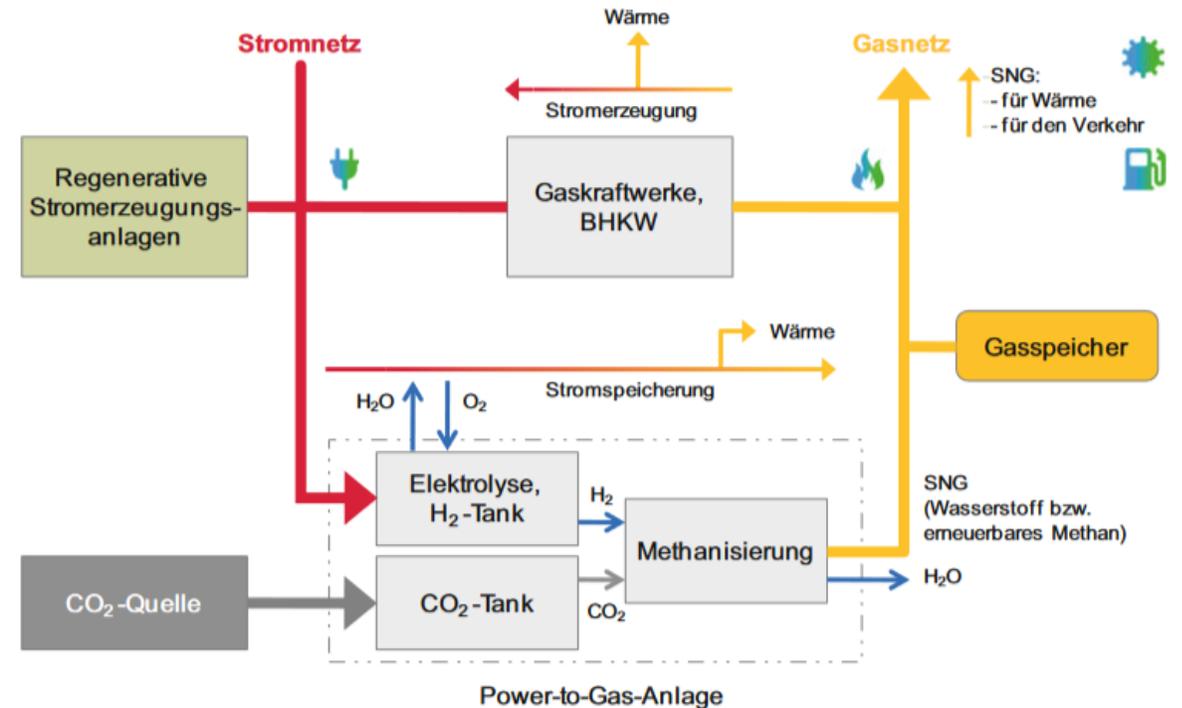
- In Hamburg wird bereits Abwärme aus Müllverbrennung genutzt
- Zukünftig soll dies ausgebaut werden



- Zukünftig muss Müllverbrennung drastisch reduziert werden, um entsprechende Emissionsminderungen zu erreichen!

Potentiale Synthetische Gase

- Hohe Wirkungsgradverluste und großes Nutzungskonkurrenz werden Preise nach oben treiben
- Verfügbarkeit bisher noch nicht absehbar
- Reines „Verheizen“ von synthetischen Gasen keine Lösung im zukünftigen Energiesystem
- In Hamburg sind zentrale H₂-Kraftwerke geplant
- Strommarktgeführte Fahrweise
- Wärme aus KWK fällt entsprechend als nicht steuerbare Abwärme an

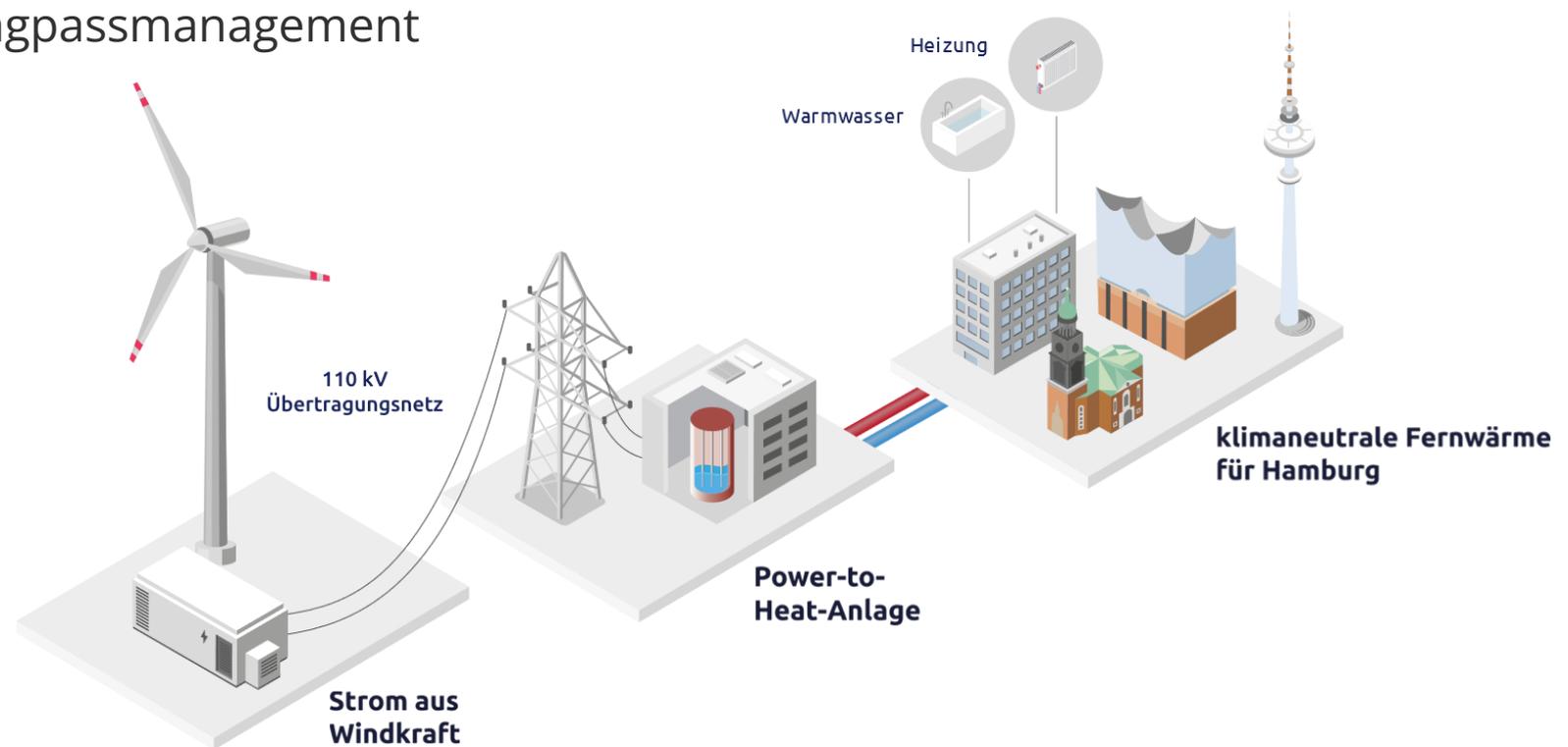


Potentiale Nutzung Direktstrom

- Möglichkeit zum Einsatz von Elektroden-Kesseln zur Deckung von Lastspitzen im Wärmenetz
 - Geringere Effizienz als Wärmepumpen (Differenz sinkt allerdings im Winter)
 - Hohe Leistungen mit Kesseln möglich
 - Deutlich geringere Kapitalkosten
- Ermöglicht stromseitiges Netzengpassmanagement

Power-to-Heat in Hamburg:

- 80 MW Elektrokessel am Standort Wedel
- 45 MW Elektrokessel am Standort Karolinenviertel



Zusammenfassung Potentiale

Beispielhafte Darstellung

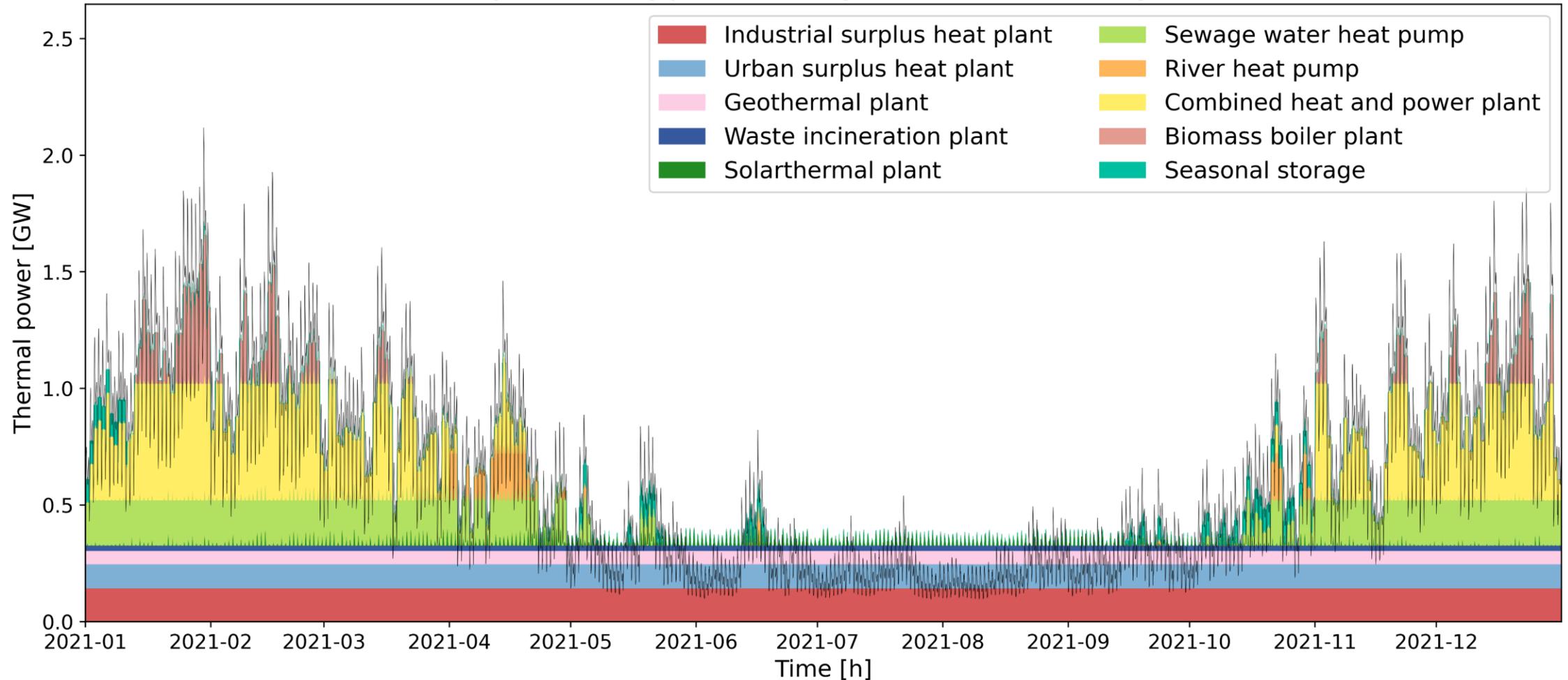
Tabelle 5.8: Technische Potentiale für Erneuerbare Wärmeerzeugung in Hamburg bis 2050 in TWh/a

Wärmequelle	Abschätzungen aus EU-Tools	Hamburg Institut (2016) [111]	BUE (2015) [31]	LBD (2011) [114]	Angenommenes Potential
Solarthermie	23,60	5-6	5,50	3,00	5,5
- davon Dachflächen	7,00				2,50
- davon Freifläche	16,60				3,00
Tiefe Geothermie	1,50	1-2			1,00
Sonstige Umweltwärme	2,50				2,50
Biomasse	4,15	13	1,50	1,50	2,50
- davon aus Forstwirtschaft	1,75	5-6	0,75		0,90
- davon aus Landwirtschaft	1,40	4-5			1,20
- davon Gülle	1,00	2-3	0,40		
Abfall	1,69	2-3	0,75		1,69
- davon Restmüll	0,83				0,83
- davon biogener Müll	0,86	2-3	0,75		0,86
Industrielle Abwärme	3,60	4-6			3,60
- davon bereits verfügbar	2,70				2,70
- davon perspektivisch	0,90				0,90
Abwärme aus Abwasser	1,70	1-2			1,70
Städtische Abwärme	6,15				2,90
- davon aus Rechenzentren	0,80				0,30
- davon gewerblich	5,10				2,50
- davon aus U-Bahnstationen	0,25				0,10
Wasserstoff und PtH					1
Summe	40,10	24-33	7-0	5,0	20,80

SOLL-Analyse

Erstellung und Bewertung von möglichen Versorgungsvarianten

Hourly scheduling plan of heat generators of Hamburg 2050

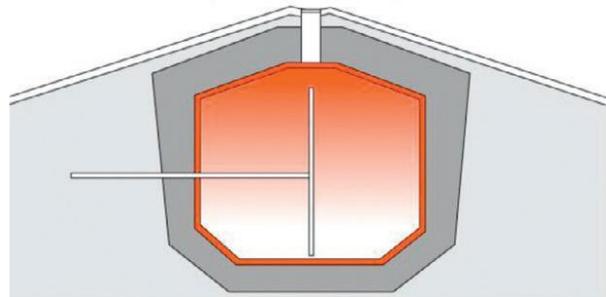


Berücksichtigung Speicher

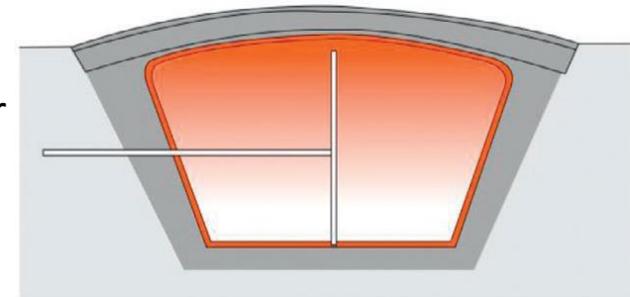
- Erste Abschätzung der benötigten Speichergrößen
- Einplanung des Flächenbedarfs
- Unterscheidung in zwei Speicherarten:
 - Kurzfristspeicher für kurzfristige Schwankungen und Glättung von Lastspitzen
 - Langfristspeicher zum Ausgleich saisonaler Schwankungen

Arten von Saisonspeichern

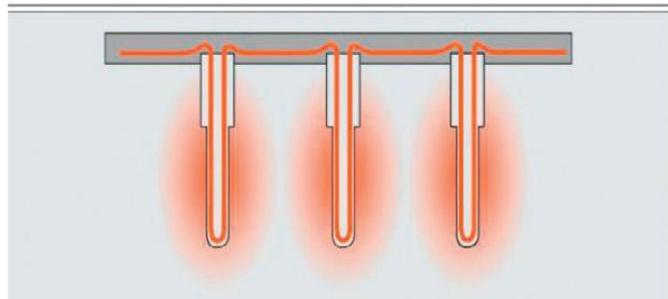
Tankspeicher



Erdbeckenspeicher



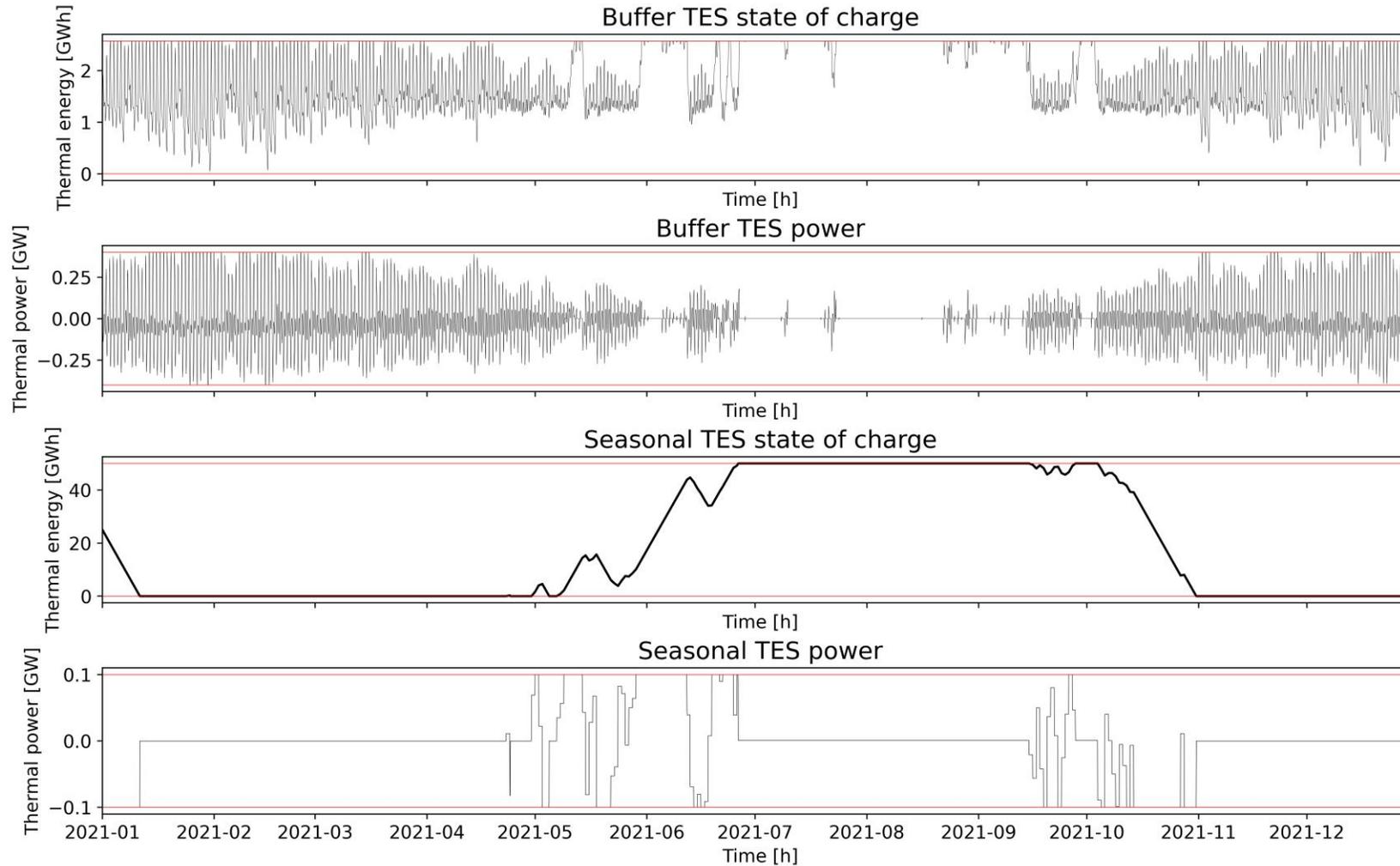
Erdsondenspeicher



Aquiferpeicher

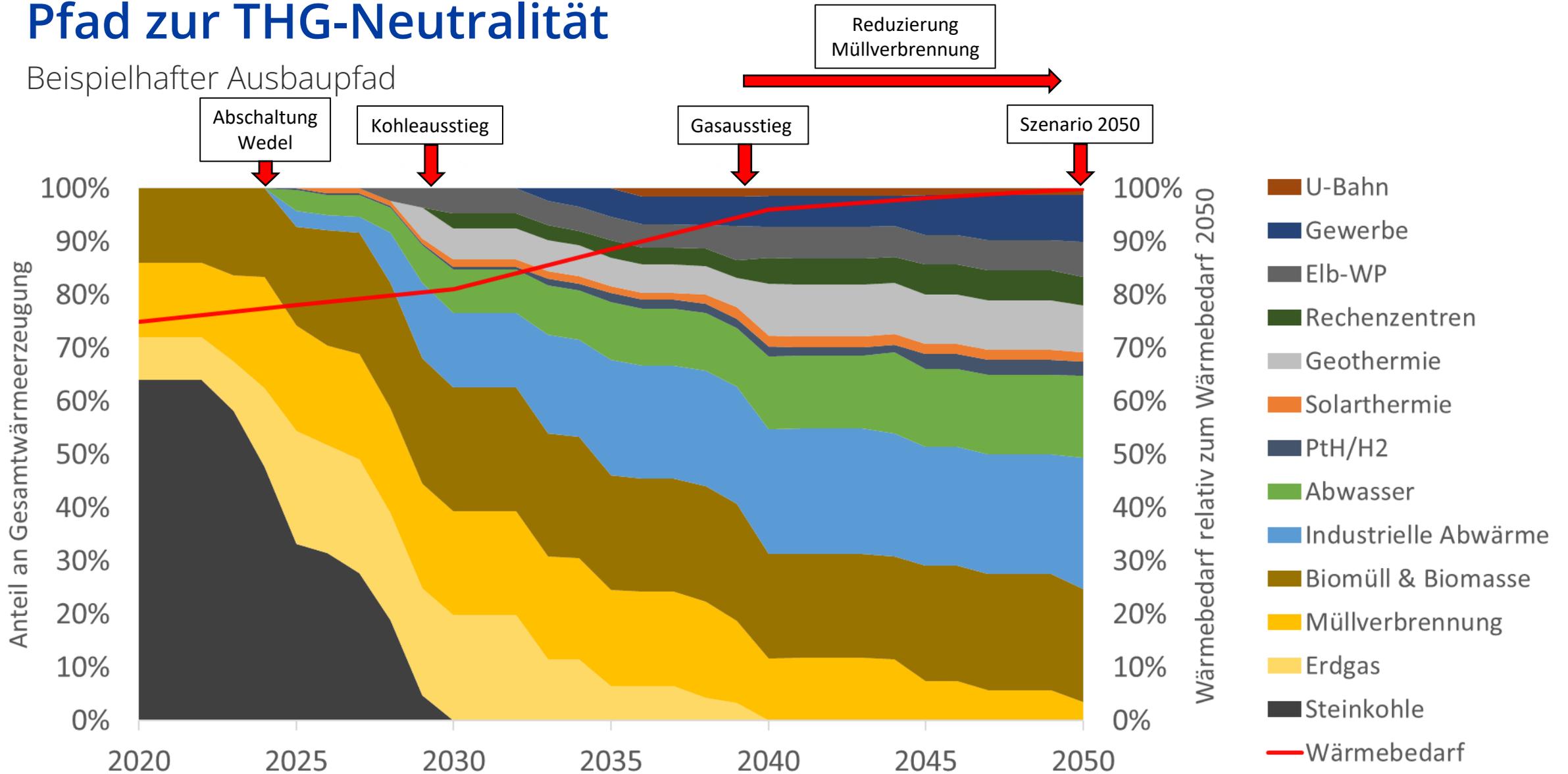


Beispielhafte Betrachtung für Wärmespeicher in Hamburg



Pfad zur THG-Neutralität

Beispielhafter Ausbaupfad



Auf in die Umsetzung!

Einblick in vorhandene Konzepte für Hamburg



Alle Vorträge finden
Sie hier!

Ersatzkonzept Wedel

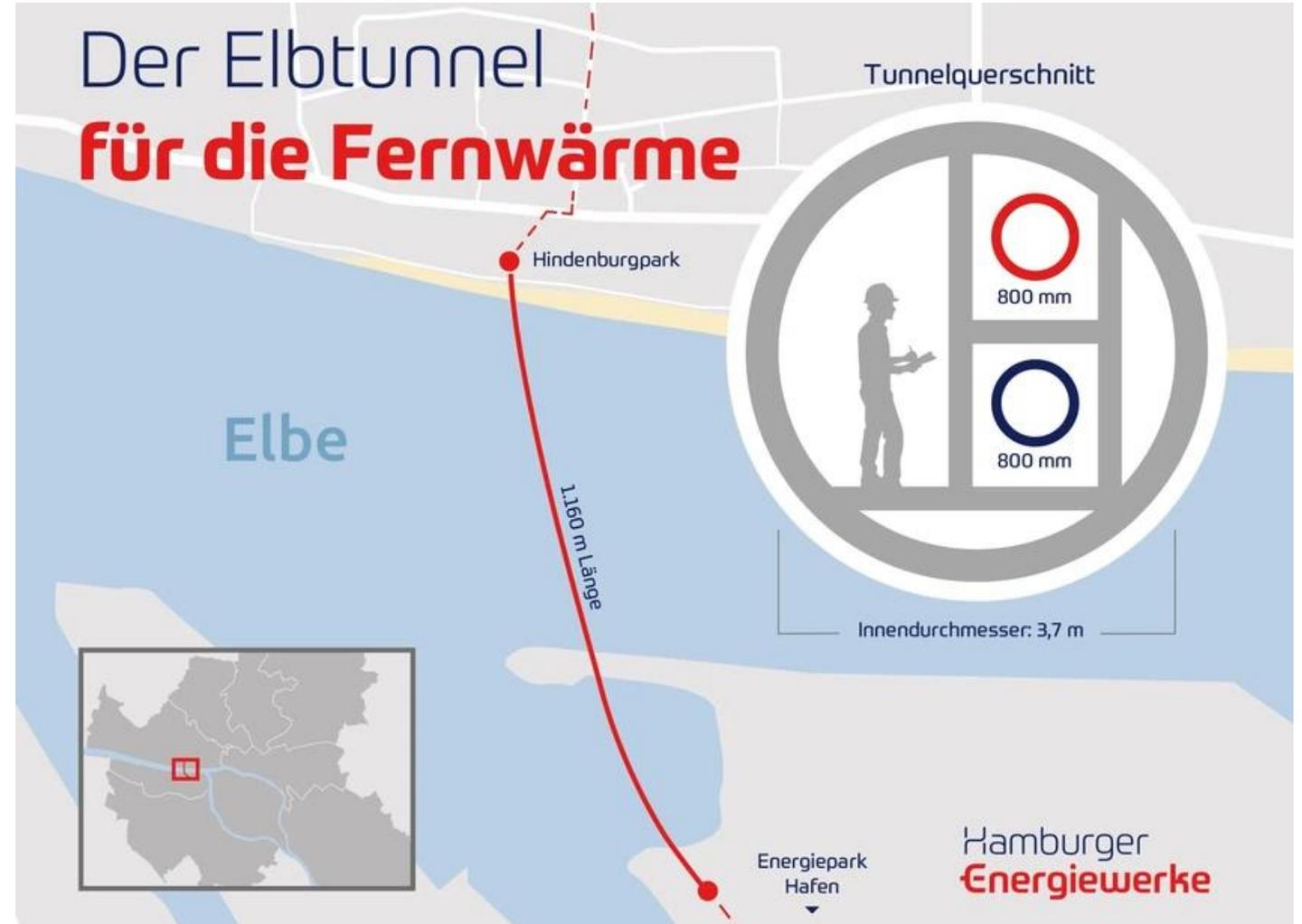
Energiekonzept Hafen der Hamburger Energiewerke

- Kern des Konzepts ist ein flexibles GuD-Kraftwerk ergänzt durch Abwärmenutzung sowie Nutzung der Abwasserwärme
- Anbindung an Wärmenetz im Norden der Elbe über neu zu bauende Leitung
- Leicht veraltete Darstellung von 2019
Aquiferspeicher können wegen unpassender geologischer Bedingungen nicht realisiert werden



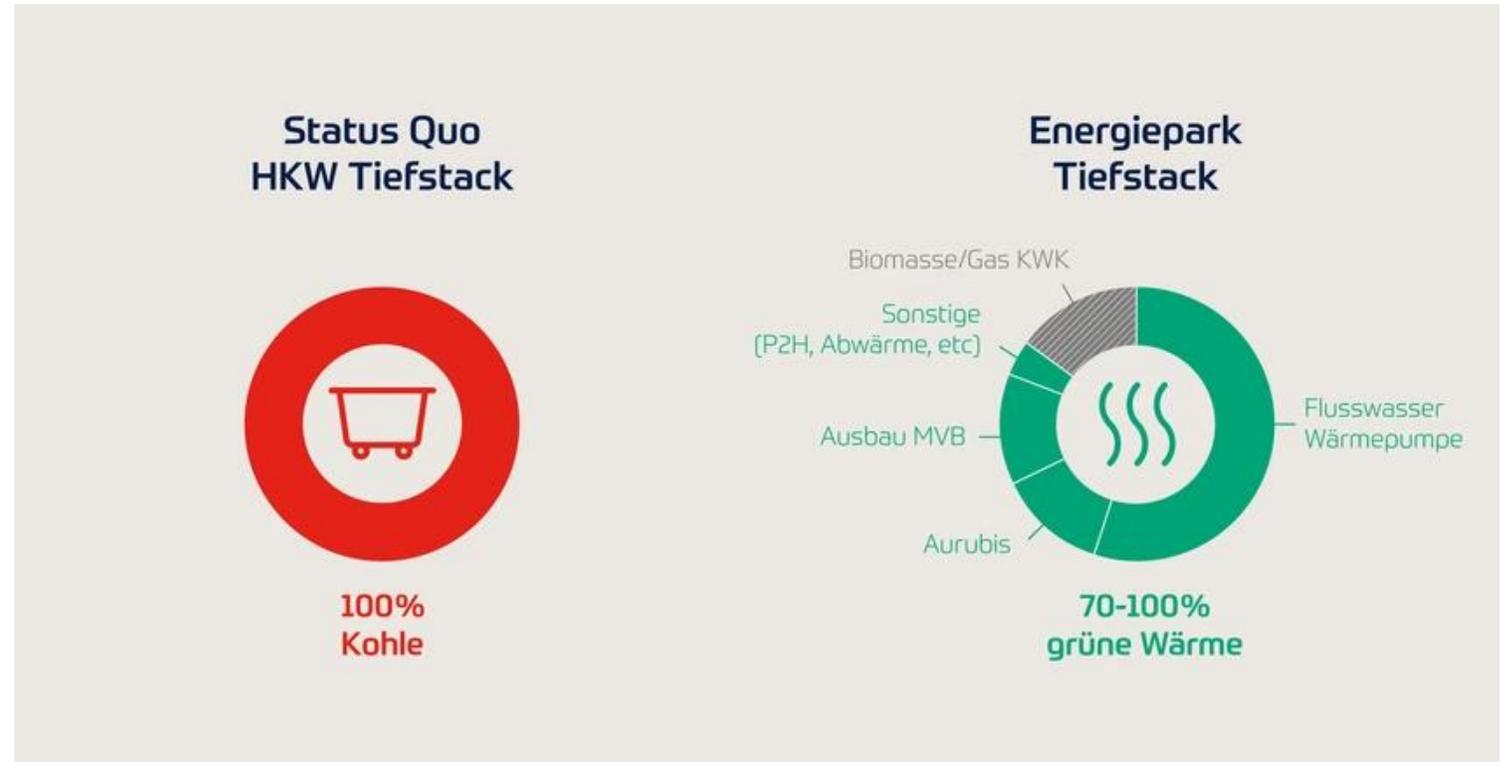
Trassenbau zur Elbquerung

- Trasse zur Anbindung des Energieparks Hafen an Bestandsnetz
- Ca. 1,2 km langer Tunnel unter der Elbe
- Arbeiten zur Südleitung sind bereits gestartet



Ersatzkonzept Tiefstack

- Im Gegensatz zu Ersatzkonzept Wedel deutlich geringerer Anteil an Verbrennung
- Geplant Leistung der Fluss-WP: 230 MW
- Ausstehend: Transformation des bestehenden Gaskraftwerks am Standort Tiefstack



Fazit



Alle Vorträge finden
Sie hier!

Key Take-aways von heute...



Fernwärme wird einen wichtigen Beitrag zu einer kosten- und energieeffizienten, erneuerbaren Wärmeversorgung beitragen, insbesondere im urbanen Raum.



Für einen zielgerichteten, kostengünstigen Umbau zu einer erneuerbaren Versorgung ist eine langfristige Planung notwendig.



Die Qualität der Wärmenetzplanung steht und fällt mit der Qualität der vorhandenen Daten zum Bestand und zu Erzeugungspotenzialen.



Für einen umfassenden Ansatz ist der Einbezug vielfältiger Akteure notwendig.



Wärmenetzplanung muss immer individuell an die regionalen Gegebenheiten angepasst erfolgen, es sind keine Patentrezepte möglich.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

KONTAKT

Nina Kicherer, M. Sc.
nina.kicherer@haw-hamburg.de



Alle Vorträge finden
Sie hier!