

# Konzeptstudie zur Vorbereitung der kommunalen Wärmeplanung

**Hans-Georg Dannert**

Referatsleiter

79A Klimareferat Frankfurt am Main

**Marcus Hummel**

Senior Researcher & Managing Director

e-think energy research, Wien

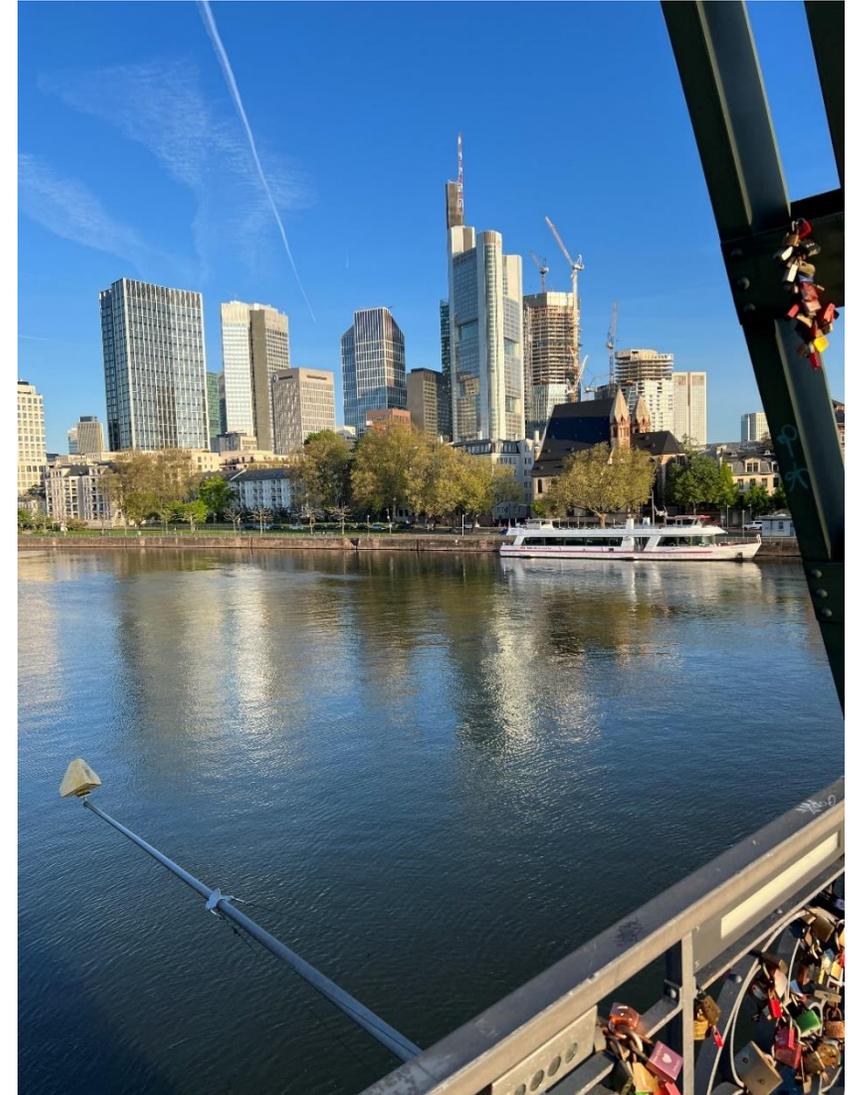
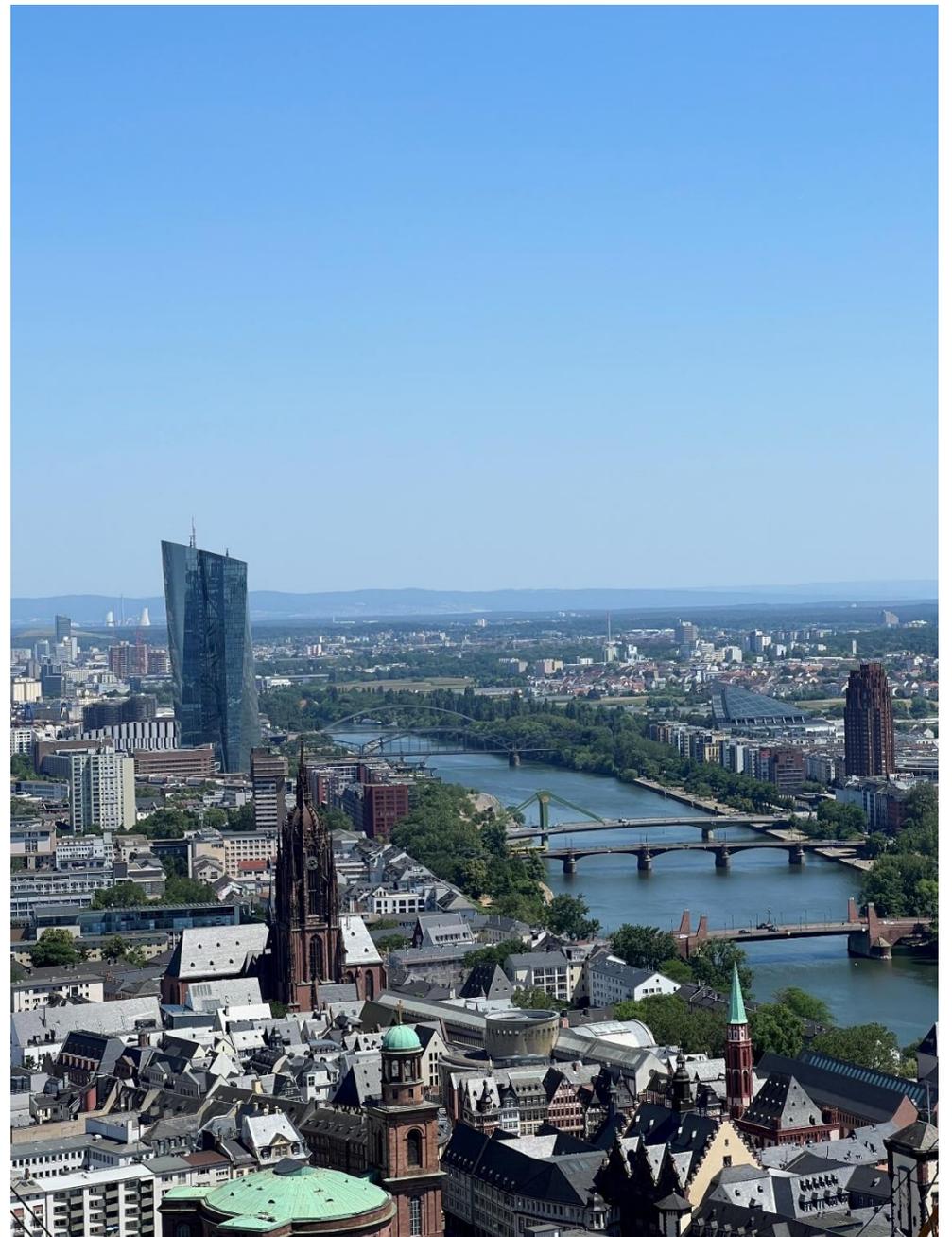


Foto: Christa Michel

# Ziel der Wärmeplanung

Ziel der Wärmeplanung ist es, den vor Ort besten und wirtschaftlichsten Weg zu einer klimaneutralen und fortschrittlichen Wärmeversorgung zu ermitteln.



# Wärmeversorgung – seit Jahrzehnten Aufgabe der Stadt

## Grundlagenstudien

Abwärmekataster (2017/18) aus Abwasser, Industrie und Gewerbe, Rechenzentren

11 Klimaschutzteilkonzepte für erneuerbare Energien (2020) für Siedlungsgebiete (Bestand/Neubau)

## Fernwärmesatzungen

Frankfurter Bogen / Am Riedberg

## BHKW (Objektversorgung)

über 550 Blockheizkraftwerke installiert

## Energiekonzepte

Alter Schlachthof/Deutschherrnufer (1991), Lindenviertel (1998), Rebstock (2000), Edwards Gardens (2001), Europaviertel Westhafen (2001), Henninger Areal (2015), Dom Römer Bebauung (2020)

## 10 Wärme-Inseln (Nahwärme/Kraftwärmekopplung)

u.a. Edwards-Gardens, Bonifatiusbrunnen, Lindenviertel

# Was wir aktuell machen

Förderprogramm Klimabonus für Solar und Grün  
(20 – 75 % Förderung)

Beratung im Klimaquartier Sossenheim  
Förderprogramm „energetische Stadtsanierung“ mit  
Energieberatung, Themenabenden etc.

Neue Fernwärmeanschlüsse für 48 städtische  
Liegenschaften in Kooperation mit Mainova

Machbarkeitsstudien zur Abwärmenutzung

Projekte und Beratung im Nachhaltigen Gewerbegebiet



© adobe.stock.com,  
Rene Notenbomer



© Innovation City Management GmbH

## Abwärmenutzung Fluss- / Klärwasser

- Kooperation mit Mainova zur „Erstellung einer Machbarkeitsuntersuchung für Fernwärmeerzeugung aus Klärabwasser und Flusswasser in der SEF“

## Abwärmenutzung aus Rechenzentren

- AG Rechenzentren, Leitfaden Rechenzentren, Verhandlungen mit Rechenzentrumsbetreibern

## Tiefengeothermie

- Ergebnisse der „Forschungsbohrung Rebstockbad“ werden ausgewertet und weitere Potenzialanalysen im Stadtgebiet durchgeführt

## Bürgerenergiegenossenschaft

- Einrichtung Beratungsangebot
- Beteiligungsmöglichkeit für Bürger:innen



Bohranlage für Geothermie, © Stadt Frankfurt am Main, Foto: Hannes P. Albert

# Rechtliche Situation

## Land Hessen

**Hessisches Energiegesetz**  
vom 21.11.22

Ab 29.11.23 muss eine  
kommunale Wärmeplanung  
erarbeitet werden.

## Bund

**Wärmeplanungsgesetz**  
Beschluss Bundestag 17.11.23

soll zum 01.01.24 in Kraft treten

Großstädte müssen bis 30.06.26  
einen Wärmeplan erstellen.



# Gesamtplanung für Frankfurt

Ergebnisse der Konzeptstudie

# Konzeptstudie zur Vorbereitung der kommunalen Wärmeplanung

2021 Beauftragung

Auftragnehmer: e-think energy research, Wien



# Konzeptstudie

**Ziel:** quantitative und qualitative Analyse von Kosten und Potenzialen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung der Frankfurter Gebäude bzw. Fernwärme.

## Inhalte:

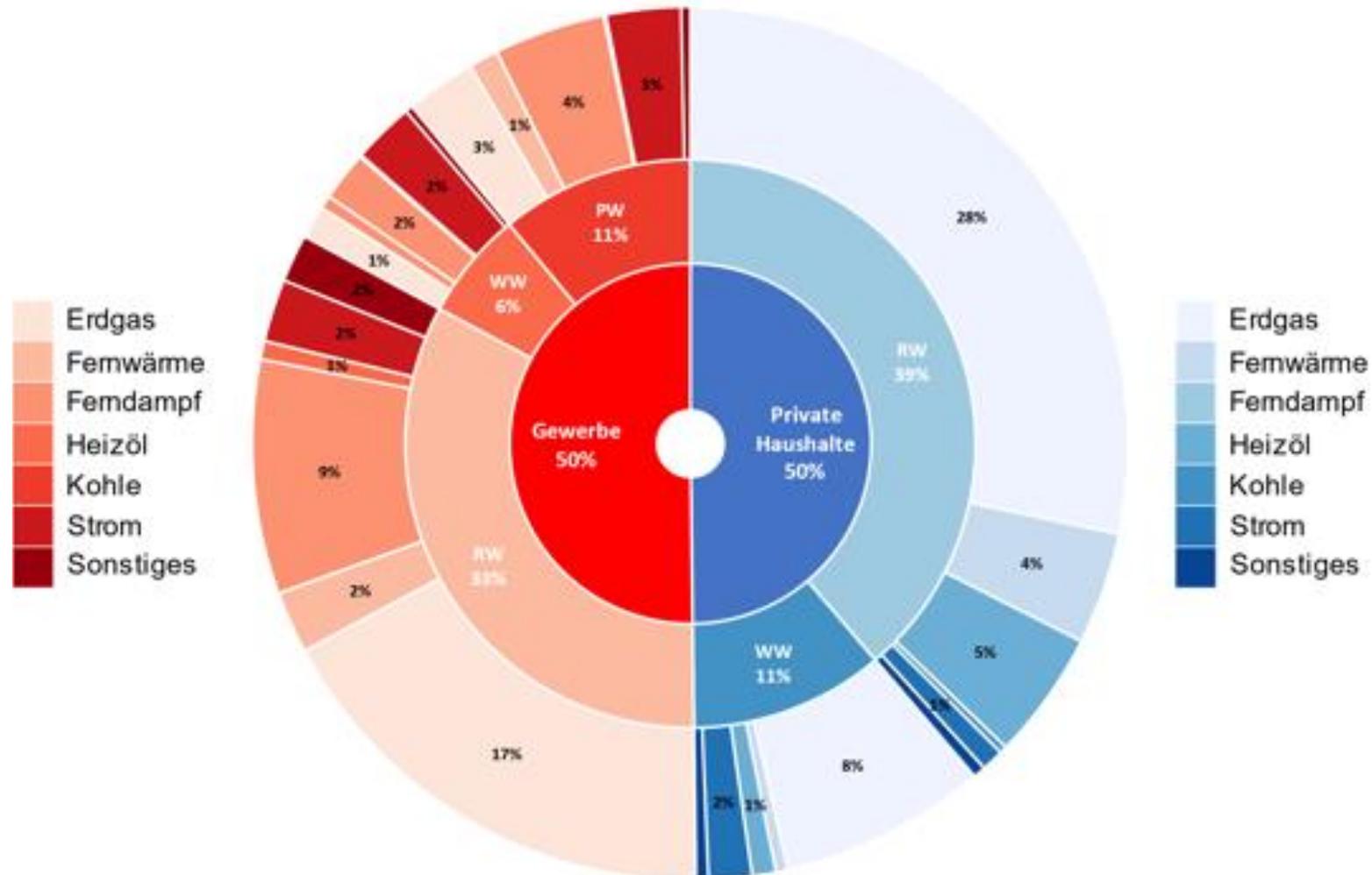
- **räumliche Darstellung** des derzeitigen Gebäudebestandes sowie seiner thermischen Eigenschaften und des **Wärmebedarfs**,
- **Kosten & Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs** in den Gebäuden mittels Sanierungsmaßnahmen,
- **Kosten & Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärme** zur Wärmeversorgung der Gebäude,
- **Kosten & Potenziale zum Ausbau und der Erzeugung der Fernwärme**,
- **Kosten & Potenziale zur dezentralen Wärmeversorgung** der Gebäude,
- **gesamtstädtische Szenarien zur Wärmeversorgung bis 2035 und 2045.**

**Ergebnis:** Ableitung von Handlungsempfehlungen, mit welchen die **Dekarbonisierung der Wärmeversorgung** in Frankfurt vorangetrieben werden kann.

## Übersicht über den Gebäudebestand und den Wärmebedarf in den Gebäuden (hochgerechnet)

|   | Brutto-Geschoss-Fläche [m <sup>2</sup> ] | Nutzenergiebedarf [GWh/a] |             | Nutzenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a] |             |
|---|--|---------------------------|-------------|--|-------------|
|   |  | Raum-wärme                | Warm-wasser | Raum-wärme                               | Warm-wasser |
| <b>Wohngebäude</b>  | 35 116 191                               | 2 747                     | 836         | 78                                       | 24          |
| <b>Einfamiliengebäude</b>   | 10 596 785                               | 942                       | 252         | 89                                       | 24          |
| <b>Mehrfamiliengebäude</b>  | 24 519 406                               | 1 805                     | 584         | 74                                       | 24          |
| <b>Nicht-Wohngebäude</b>  | 30 638 784                               | 2 484                     | 271         | 81                                       | 9           |
| <b>Bürogebäude - öffentlich</b>                                     | 1 230 320                                | 73                        | 4           | 59                                       | 3           |
| <b>Bürogebäude - privat</b>   | 13 421 415                               | 1 023                     | 51          | 76                                       | 4           |
| <b>Handel</b>   | 4 344 035                                | 303                       | 70          | 70                                       | 16          |
| <b>Hotels / Restaurants</b>   | 1 500 554                                | 109                       | 19          | 73                                       | 12          |
| <b>Krankenhäuser, Heime, etc.</b>                                   | 773 331                                  | 95                        | 25          | 123                                      | 32          |
| <b>Schulen, Universitäten, etc.</b>                                 | 2 693 194                                | 282                       | 11          | 105                                      | 4           |
| <b>Sonstige</b>   | 6 675 934                                | 598                       | 91          | 90                                       | 14          |
| <b>Gesamt modelliert mit Invert</b>                                 | 65 754 975                               | 5 230                     | 1 107       | 80                                       | 17          |
| <b>Errechnet aus der witterungs-korrigierten Energiebilanz 2019</b> |  | 4 766<br>*+ 291<br>5 057  | 1 141       |  |             |

# Verteilung des Nutzenergiebedarfs für Raumwärme, Warmwasser- und Prozesswärme (private Haushalte und Gewerbe)



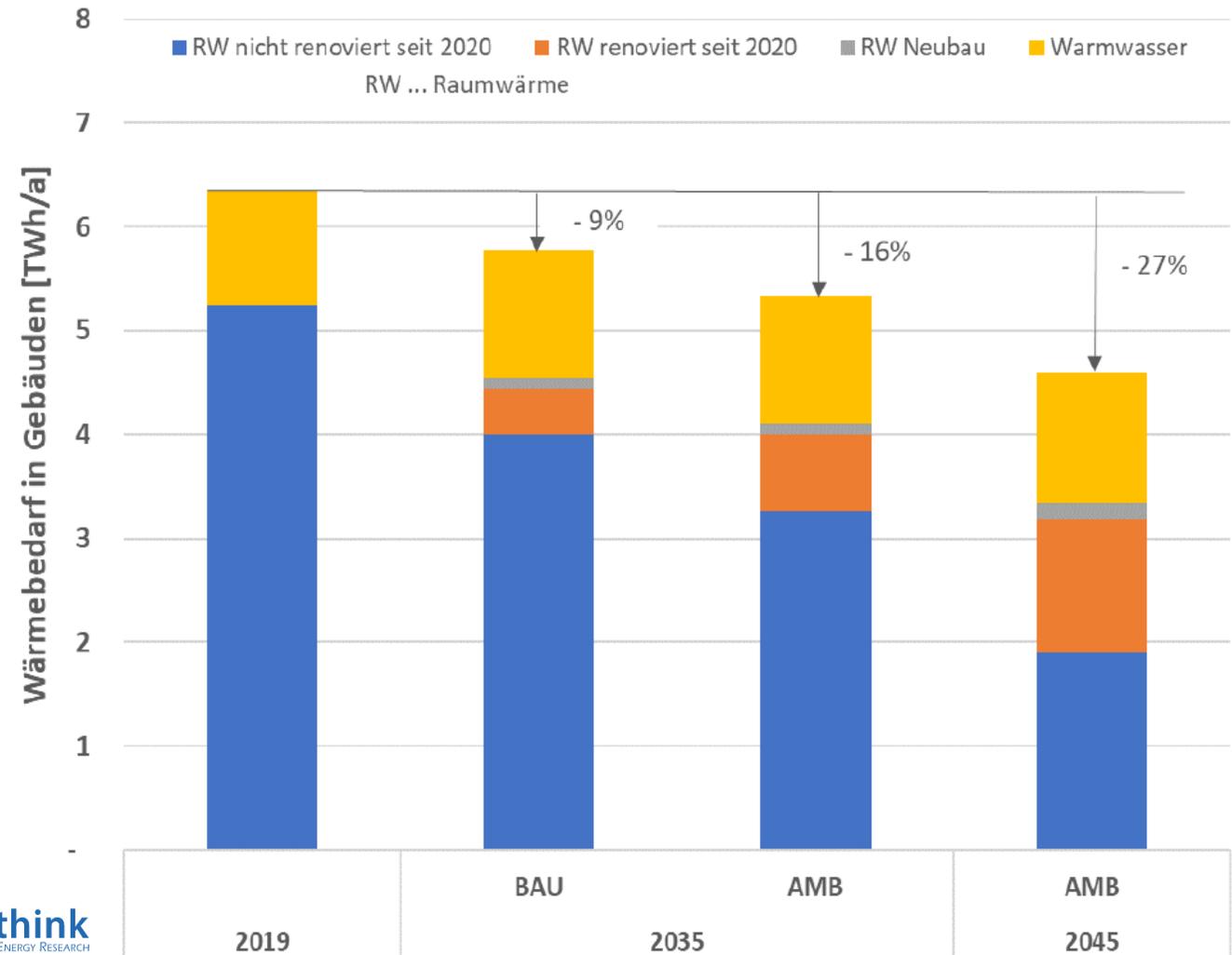
# Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs in Gebäuden durch Sanierungsmaßnahmen

## BAU-Szenario = business as usual

Bei **Weiterführung** der aktuellen Sanierungsintensität könnte man bis 2035 etwa **9%** des Wärmebedarfs reduzieren.

## AMB-Szenario = ambitioniert

Bei **Intensivierung** der Sanierungsaktivitäten von derzeit 1% **auf 1,7%** könnten bis 2035 rund **16%** und bis 2045 rund **27%** des Wärmebedarfs **eingespart** werden.



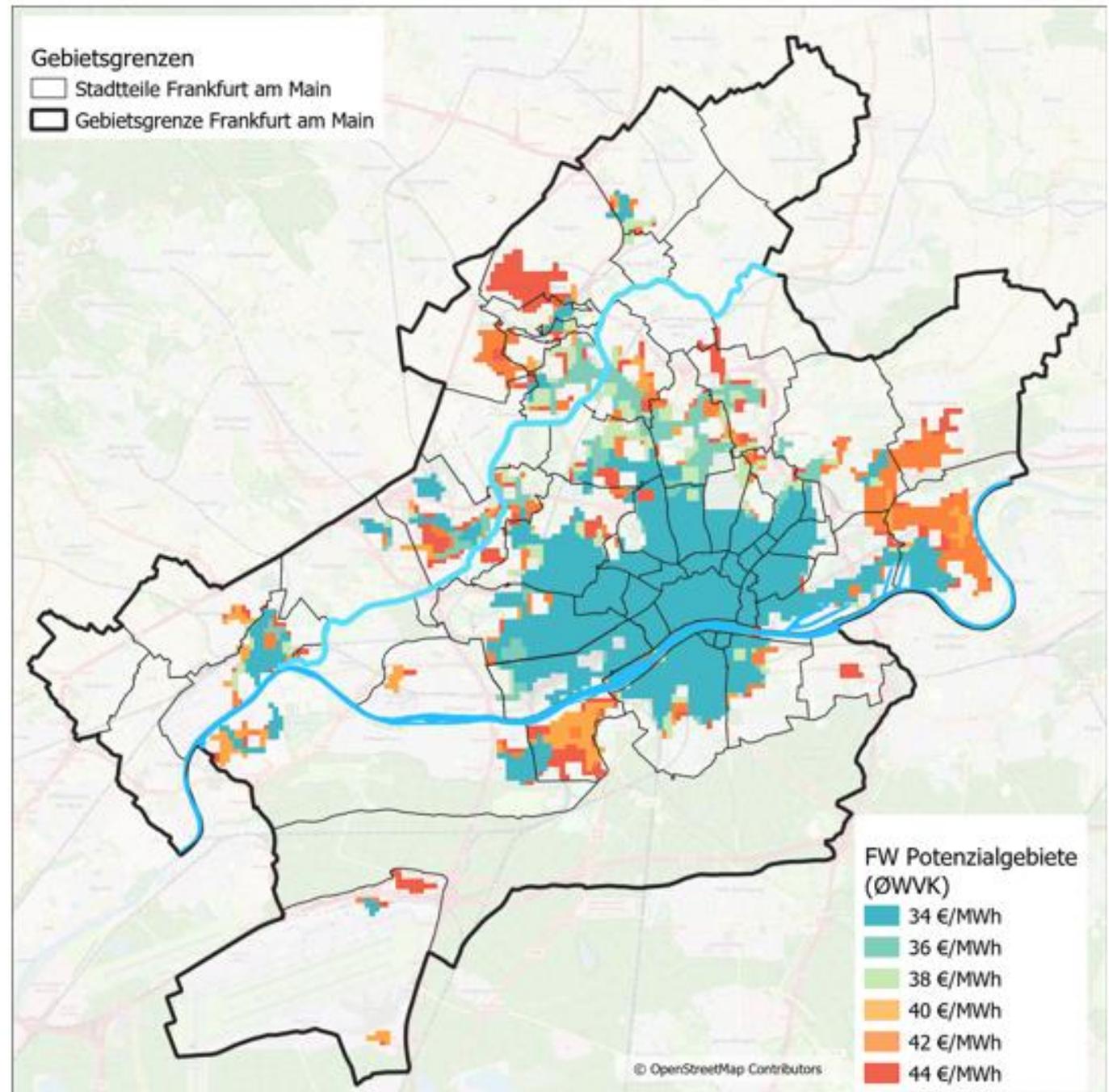
# Potenzialgebiete Fernwärme

Für jeden Hektar des Stadtgebietes wurden Wärmeverteilungskosten (WVK) für verschiedene Szenarien berechnet (Netzausbaukosten pro Trassenmeter, Anschlussrate, Wärmebedarfsentwicklung, Lebensdauer)

Die Wärmeverteilungskosten entscheiden in diesem Ansatz über die potenziellen Ausbauggebiete der Fernwärme.

Die Sanierungsszenarien wurden dabei berücksichtigt.

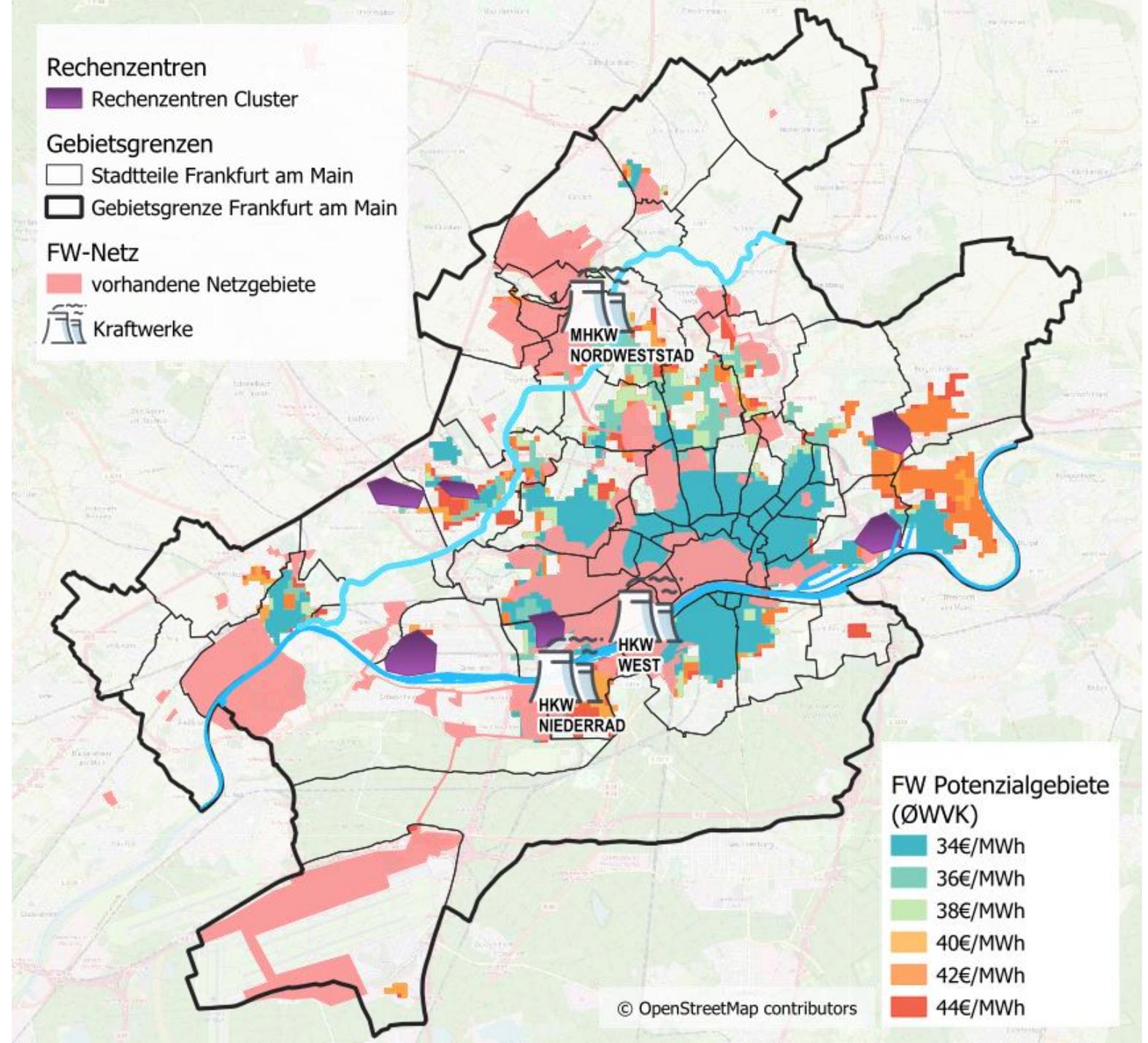
Die Ausdehnung von Fernwärme-Potenzialgebieten hängt stark vom Anschlussgrad und von den definierten maximalen durchschnittlichen Wärmeverteilungskosten ab.



# Potenzialgebiete Fernwärme

Sinnvoll ist der Fernwärmeausbau bei dichter Bebauung (z.B. nördlich und südlich Altstadt) und in der Nähe von Abwärmepotenzialen wie Rechenzentren-Clustern (z.B. Rödelheim, Sossenheim, Griesheim, Fechenheim).

Die identifizierten Fernwärme-Potenzialgebiete müssen in jedem Teilgebiet auf Umsetzbarkeit geprüft werden.



# Potenziale erneuerbare Energie und Abwärme in der Fernwärme

Überblick über technische Leistungspotenziale (unter Abschätzung der Realisierbarkeit) zur Integration in die Fernwärme nach Energiequelle

| <b>Energiequelle</b>                     | <b>Thermisches Leistungs-<br/>potenzial [MW]</b> |
|--|--|
| <b>Solarthermie</b>                      | > 2 000*   |
| <b>Tiefengeothermie</b>                  | 41   |
| <b>Oberflächennahe Geothermie</b>        | 320 – 1 800                                      |
| <b>Abwärme aus der Abwasserreinigung</b> | 65   |
| <b>Wärme aus Flusswasser</b>             | 250  |
| <b>Abwärme aus Rechenzentren</b>         | 188 – 490  |
| <b>Abwärme aus Industrieanlagen</b>      | 40   |
| <b>Müllverbrennung</b>                   | 120  |
| <b>Biomasseverbrennung</b>               | 40   |

# Optionen zur dezentralen Wärmeversorgung

Für die Studie wurden die folgenden dezentralen Systeme untersucht:

- **Gaskessel**, Nutzung von **(teil-)dekarbonisierten Energieträgern** aus dem Gasnetz (Wasserstoff-Methan-Gemisch; Quelle wären z.B. **biogene Primärenergieträger** oder **Power-to-Gas Anlagen**)
- **Stromwiderstands-Heizungen** (Radiatoren, Infrarotheizungen, Speicherheizungen)
- **Automatisierte Biomassekessel** (Hackgut, Holzpellets)
- **Wärmepumpen** (Außenluft, Erdreich)
- **Hybridwärmepumpen** (Kombination von Luft-Wärmepumpe mit einem Gaskessel)

# Ergebnisse: Wärmebereitstellungskosten

Gegenüberstellung der Wärmebereitstellungskosten für Fernwärme und dezentrale Lösungen für das Jahr 2035

## Szenarien

Preisniveau (hoch/niedrig)

- Fernwärme:

Anteil Gas an Spitzenlast (hoch/niedrig)

Ausbau (hoch/mittel/niedrig)

- Dezentrale Versorgung:

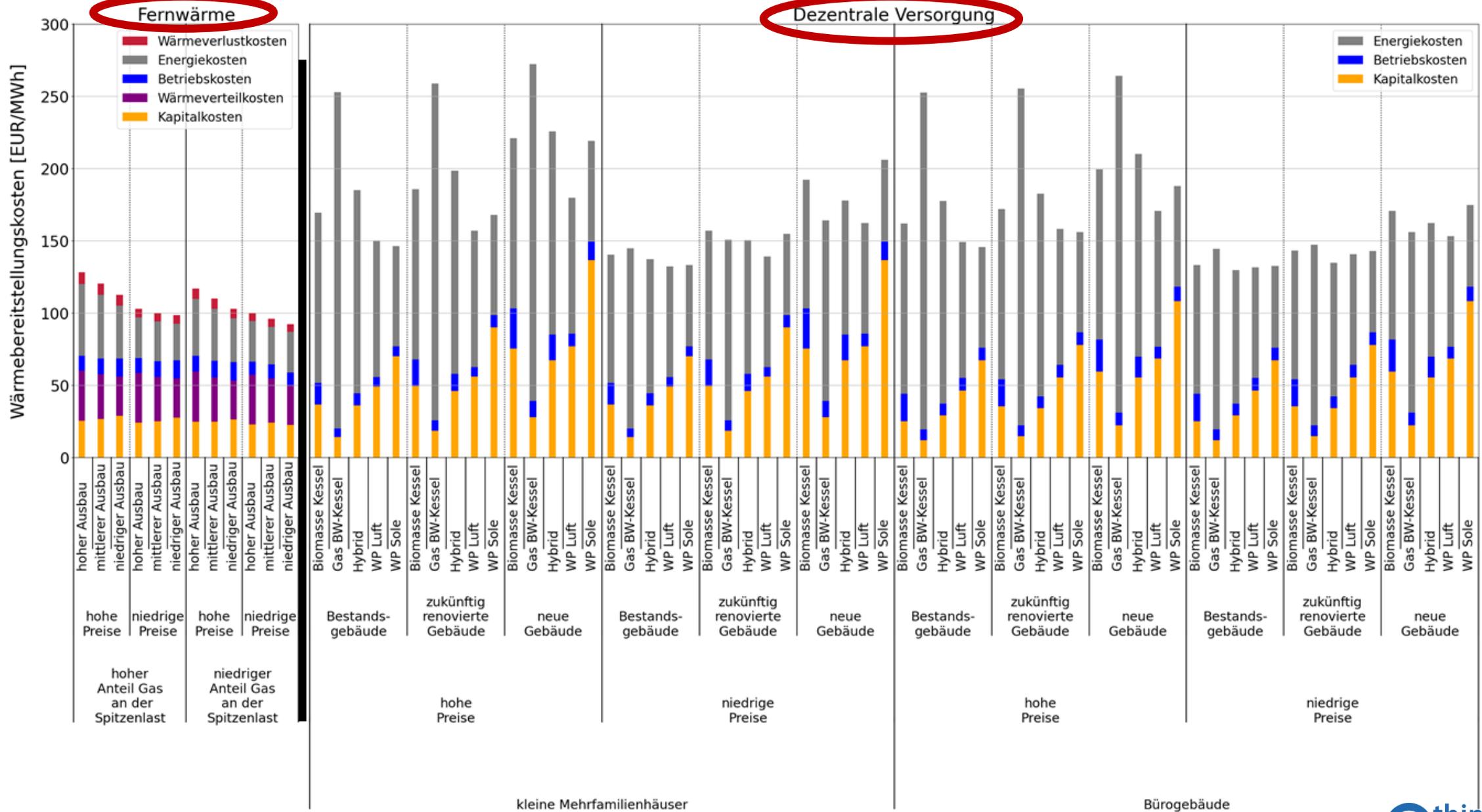
Bestandsgebäude, zukünftig renovierte Gebäude, neue Gebäude  
verschiedene Bereitstellungstechnologien

## Differenzierung

Energiekosten, Betriebskosten, Kapitalkosten

bei Fernwärme zusätzlich Wärmevertei- und Wärmeverlustkosten

=> **Fernwärme** ist in den gerechneten Szenarien **immer günstiger** als die **dezentrale Option** - auch bei ambitioniertem Ausbau. Denn ein effizientes Fernwärmesystem ist der Lage, **kostengünstige und klimafreundliche Wärmequellen zu nutzen.**



Vergleich der Wärmebereitstellungskosten im Jahr 2035 für Fernwärme und verschiedene dezentrale Versorgungsoptionen

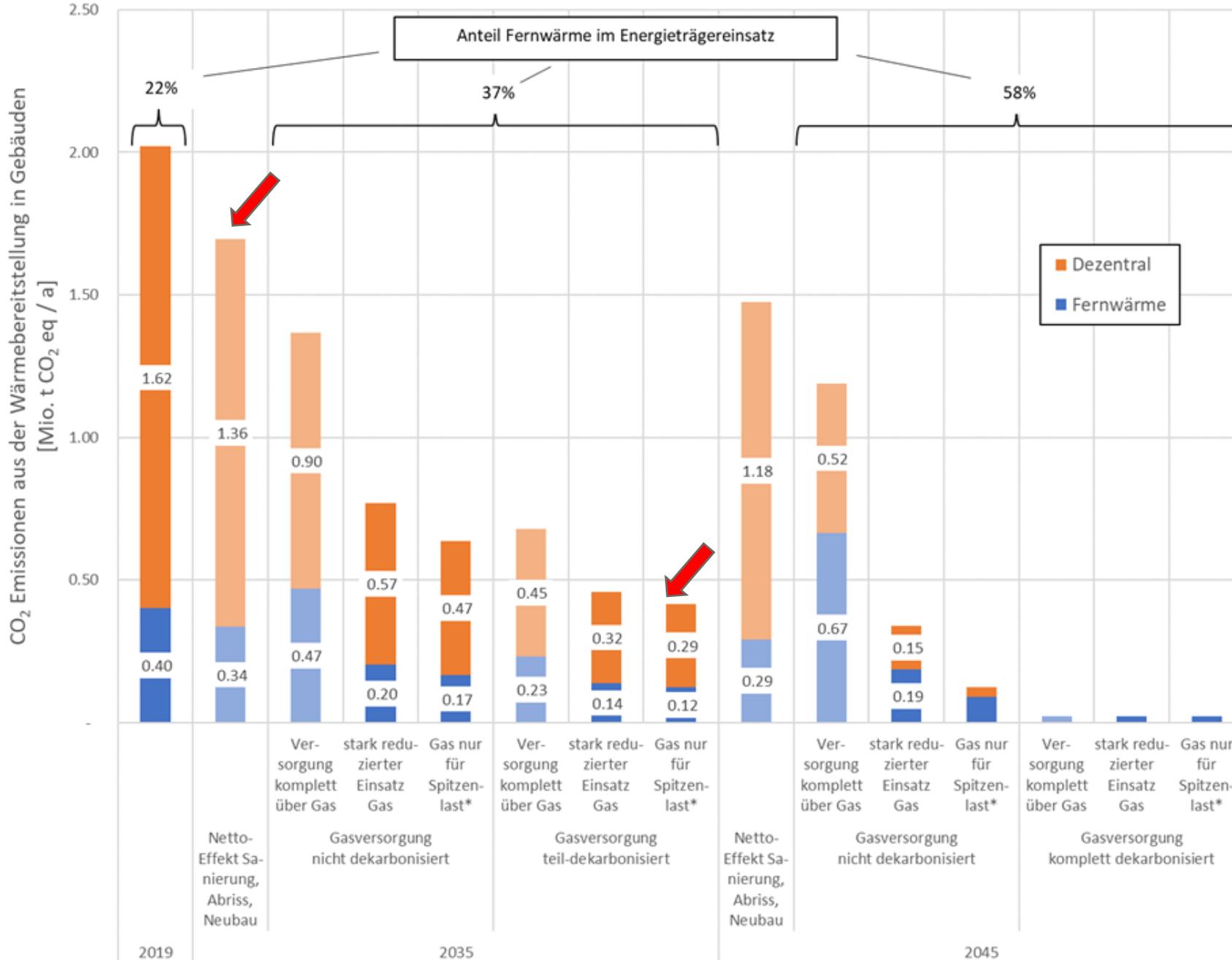
# Ergebnisse: CO<sub>2</sub> - Emissionen

Berechnete CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Versorgung des Wärmebedarfs der Gebäude

Bereits durch Sanierung, Abriss und Neubau kann eine nennenswerte CO<sub>2</sub> - Reduktion erreicht werden.

Unter dem **ambitionierten Szenario (1,7% Gebäudesanierung)** mit einer **Teil-Dekarbonisierung** der Gasversorgung und einer drastischen Umstellung der Versorgungsstrukturen ist im Jahr 2035 mit **Rest-Emissionen** von 0,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq zu rechnen.

**=> Gegenüber 2019 ist dies eine Reduktion von rund 80%.**



Berechnete CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Versorgung des Wärmebedarfs der Gebäude in Frankfurt a.M. in unterschiedlichen Szenarien („stark reduzierter Einsatz Gas“ und „Gas nur für Spitzenlast“) und Sensitivitäten (Nicht, Teil- und Komplet- „Dekarbonisierung Gasversorgung“ und „Versorgung komplett über Gas“) in den Jahren 2035 und 2045

# ERGEBNISSE: INVESTITIONEN

## Notwendige langfristige Investitionen zur Umstellung des Wärmeversorgungssystems

### 9 Mrd. € Gebäudesanierung

40% energetische Zusatzkosten

60% Instandsetzungskosten

### 2,4 – 3 Mrd. € Fernwärme

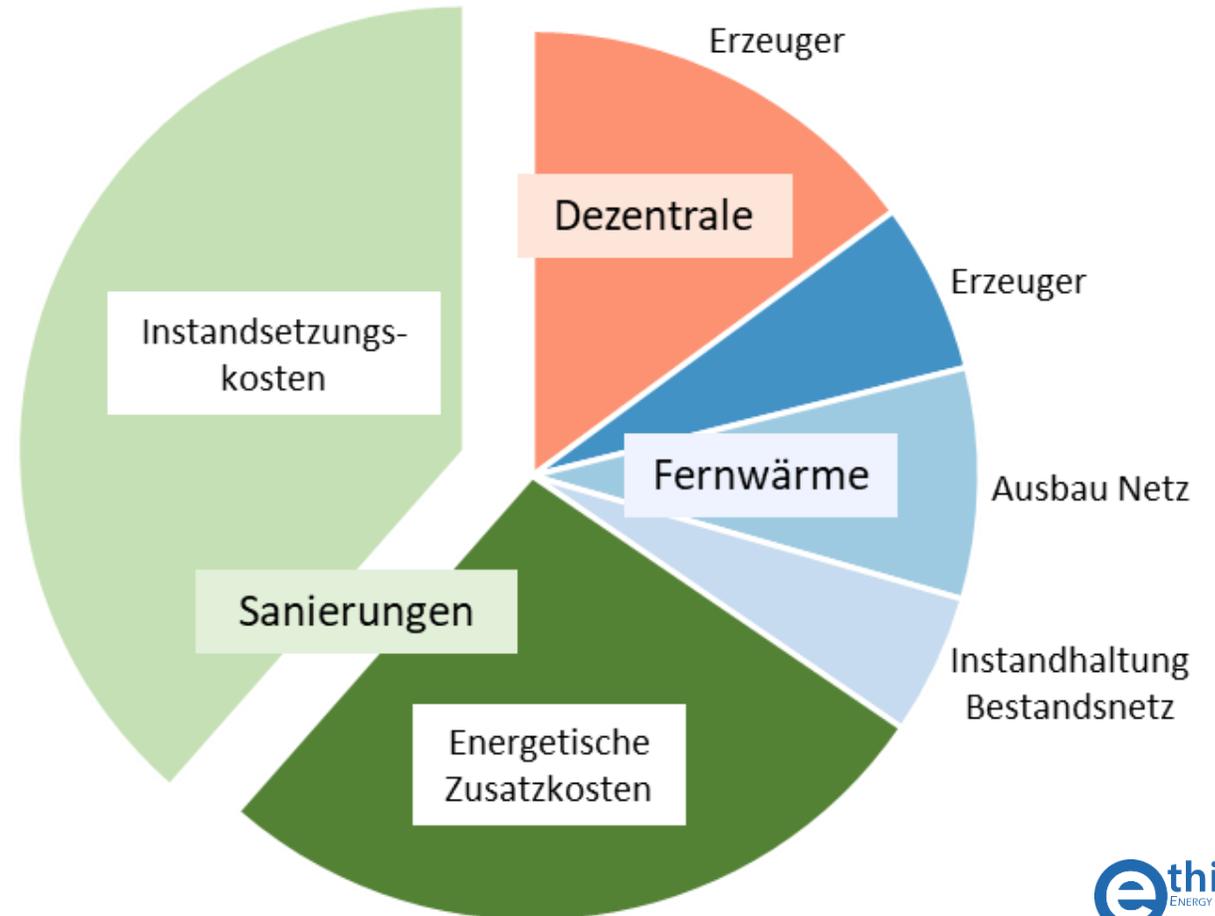
ca. 900 Mio. € Ausbau Erzeugungsanlagen  
(u.a. 270 Mio. € für Nutzbarmachung Abwärme aus Rechenzentren)

1,6 – 2,1 Mrd. € Netzausbau und Instandhaltung Bestandsnetz

### 2 Mrd. € Umbau dezentrale Anlagen

Davon 80% für die Investition und Installation von Wärmepumpen.

## Verteilung der notwendigen Investitionen



# Handlungsempfehlungen

## **Forcierung von Sanierungsmaßnahmen mit hohen Potenzialen und geringen Barrieren**

- Besitzer:innen von Gebäuden gezielt ansprechen
- Systematische Erstellung von energetischen Quartierskonzepten für alle Quartiere der Stadt
- Energieberatung ausbauen

## **Deutliche Forcierung des Fernwärme-Ausbaus sowie der Verdichtung der bestehenden Netze**

- Arbeitsgruppe Fernwärme gründen
- Städtische Liegenschaften an Fernwärme anschließen
- Planungsrechtliche Grundlagen prüfen und umsetzen

# Handlungsempfehlungen

## **Forcierung der Nutzung von lokal vorhandener Abwärme sowie erneuerbarer Ressourcen**

- Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Abwärme (Rechenzentren, Flusswasser, Abwasser) sowie erneuerbare Energie (Geothermie) für alle aussichtsreichen Standorte in der Stadt zusammen mit einem Konzept für einen Zusammenschluss aller Gebiete mittels einer Ringleitung erstellen
- Konzept zur saisonalen Speicherung von Erneuerbaren Energien und Abwärme erstellen
- Strategie zur Transformation der Gasnetz-Infrastruktur erstellen
- Aufbau Erdwärmepotenzial-Kataster

## **Aufbau von Kapazitäten bei Personal und Datenverarbeitung**

- Steuerungskreis Wärmewende mit Entscheidungsträgern in der Stadt gründen
- Automatisiertes Datensystem für Planung und Monitoring der Dekarbonisierung aufsetzen
- Weiterbildungsangebote in für die Wärmewende benötigten Gewerken verstärken



# Herausforderungen und nächste Schritte

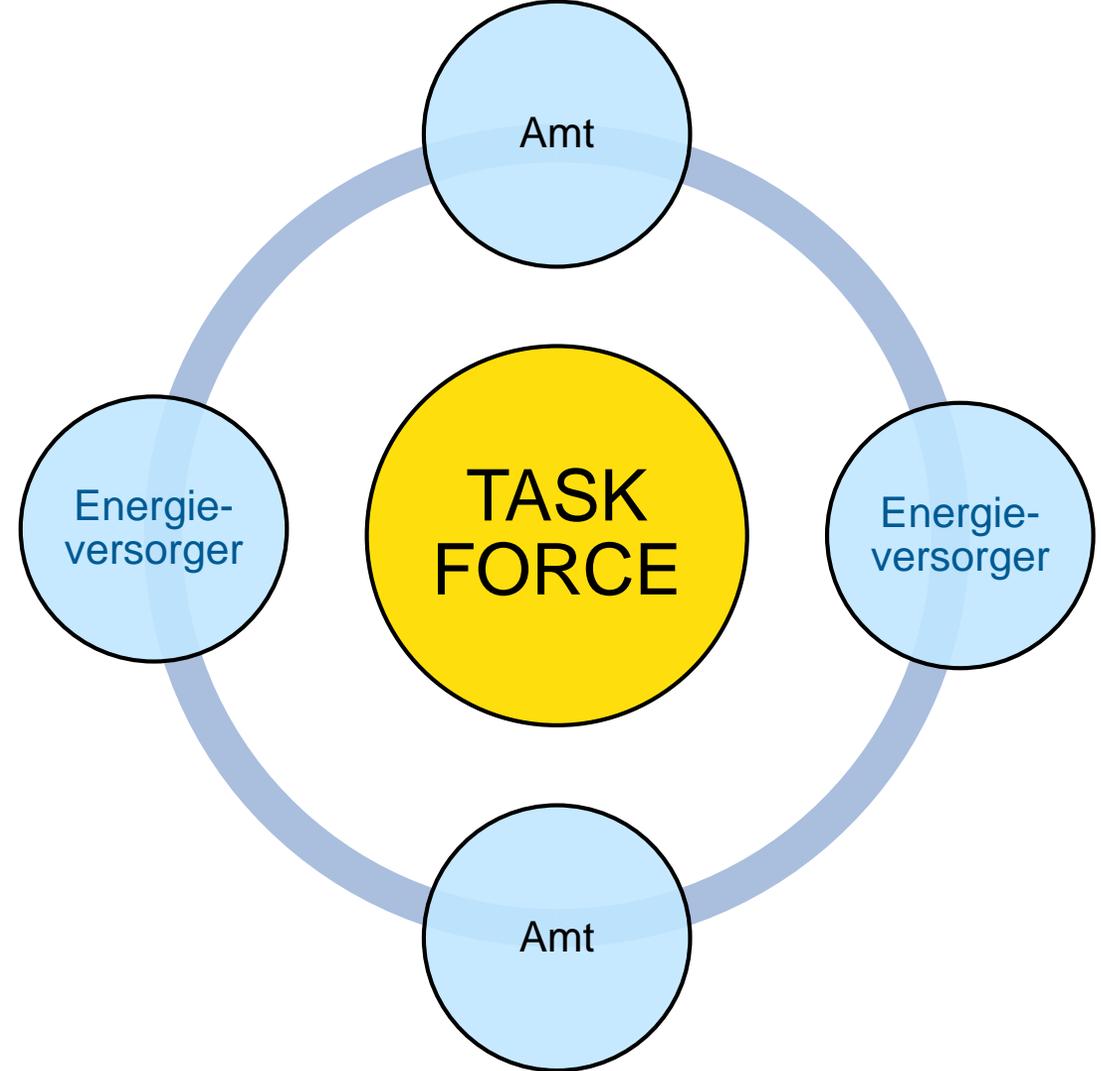
# Herausforderungen

Um Frankfurt klimaneutral mit Wärme zu versorgen, müssen **Wärmebedarf der Gebäude reduziert + Versorgung technologieoffen umgestellt** werden.

- Sanierung der Gebäude
- Ausbau der Fernwärme
- Nutzung von Solarthermie, Geothermie
- Abwärme aus Abwasser, Rechenzentren, Industrieanlagen
- Wärme aus Flusswasser, Müllverbrennung, Biomasseverbrennung
- Speicherung von Energie

# Nächste Schritte zur kommunalen Wärmeplanung

- Erhebliche Anstrengungen nötig, um klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen
- **Task Force Kommunale Wärmeplanung wird gegründet**
  - dezernats- und ämterübergreifend
  - Einbeziehung der Versorger
- Politischer Beschluss
- Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung



# Ihre zentrale Anlaufstelle zu allen Klimafragen der Stadt Frankfurt am Main: DAS KLIMAREFERAT

Klimareferat Stadt Frankfurt am Main

Hans-Georg Dannert

Leiter

Solmsstraße 18

60486 Frankfurt am Main

[klimareferat@stadt-frankfurt.de](mailto:klimareferat@stadt-frankfurt.de)

069 212 39193

[frankfurt.de/klimareferat](http://frankfurt.de/klimareferat)

[klimaschutz-frankfurt.de](http://klimaschutz-frankfurt.de)

STADT  FRANKFURT AM MAIN  
Klimareferat