

Einführung in Energieversorgungssysteme und Niedertemperaturfernwärme (NTFW)



LowTEMP-Trainingspaket – Gliederung

Einführung

Einführung in Klimaschutzstrategie(n) & -ziele

Einführung in Energieversorgungssysteme und Niedertemperaturfernwärme (NTFW)

Energieversorgungssysteme im Ostseeraum

Energiestrategien und Pilotprojekte

Methodik zur Entwicklung von Pilot-Energiestrategien

Pilot-Energiestrategien – Ziele und Rahmenbedingungen

Pilot-Energiestrategien – Beispiele

Pilot- bzw. Demonstrationsprojekte

Berechnung von THG-Emissionen

Lebenszyklusanalyse von NTFW

Finanzielle Aspekte

Lebenszykluskosten von NT FW-Projekten

Wirtschaftlichkeit und unrentierliche Kosten

Vertrags- und Zahlungsmodelle

Geschäftsmodelle und innovative Förderstrukturen

Technische Aspekte

Rohrleitungssysteme

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Großmaßstäbliche Solarthermie

Ab- & Überschusswärme

Großmaßstäbliche Wärmepumpensysteme

Power-2-Heat und Power-2-X

Thermische, solare Eis- und PCM-Speichertechniken

Wärmepumpen-Systeme

Niedrigtemperatur und Fußbodenheizung

Trinkwarmwasserproduktion

Lüftungssysteme

Aus der Praxis

Innovative Praxisbeispiele

1. Energieversorgungssysteme

Energiequellen

Entwicklungen und Trends

Energieversorgungssysteme

Energiequellen (Fossil und erneuerbar):

- Öl
- Gas
- Kohle
- Kernenergie
- Solarenergie
- Windenergie
- Geothermische Energie
- Wasserkraft
- Biomasse
- Abwärme
- Wärmerückgewinnung
- ...



Abbildung 1: Windenergie. Quelle: Al3xanderD [1]



Abbildung 2: Solarenergie. Quelle: RoyBuri [2]

Energieversorgungssysteme

Fakten und Zahlen:

- Heizen macht **mehr als die Hälfte** des gesamten Energieverbrauchs in Haushalten aus
- Fernwärmenetze können hohe Wärmeverluste aufweisen:
 - Fortgeschrittene Netze 5-15%.
 - Alte Netze bis zu **30%** oder mehr.

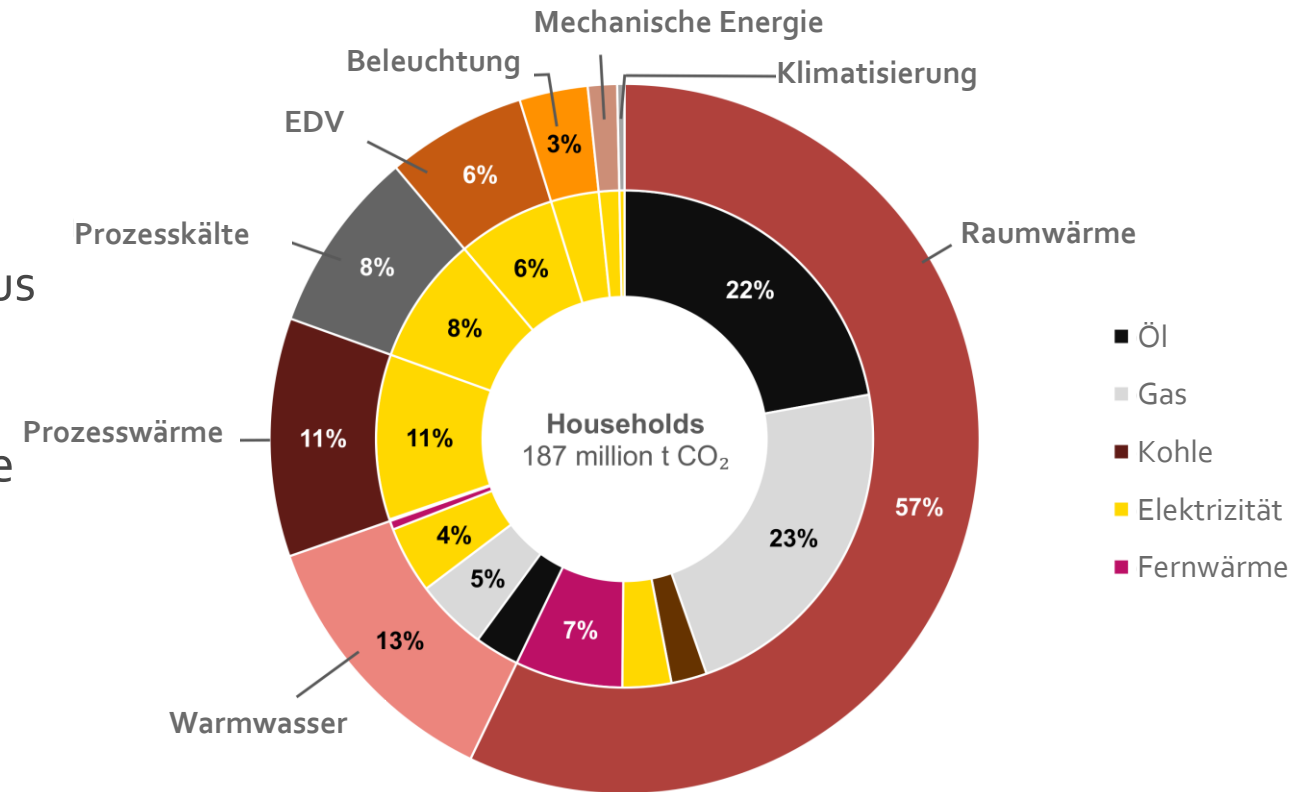


Abbildung 3: Emissionen des Wohnsektors in Deutschland 2014. Quelle: J. Conrad, S. Greif [3]

Energieversorgungssysteme

Gesamter Primärenergieverbrauch nach Quelle, Europäische Union 1990 -2017

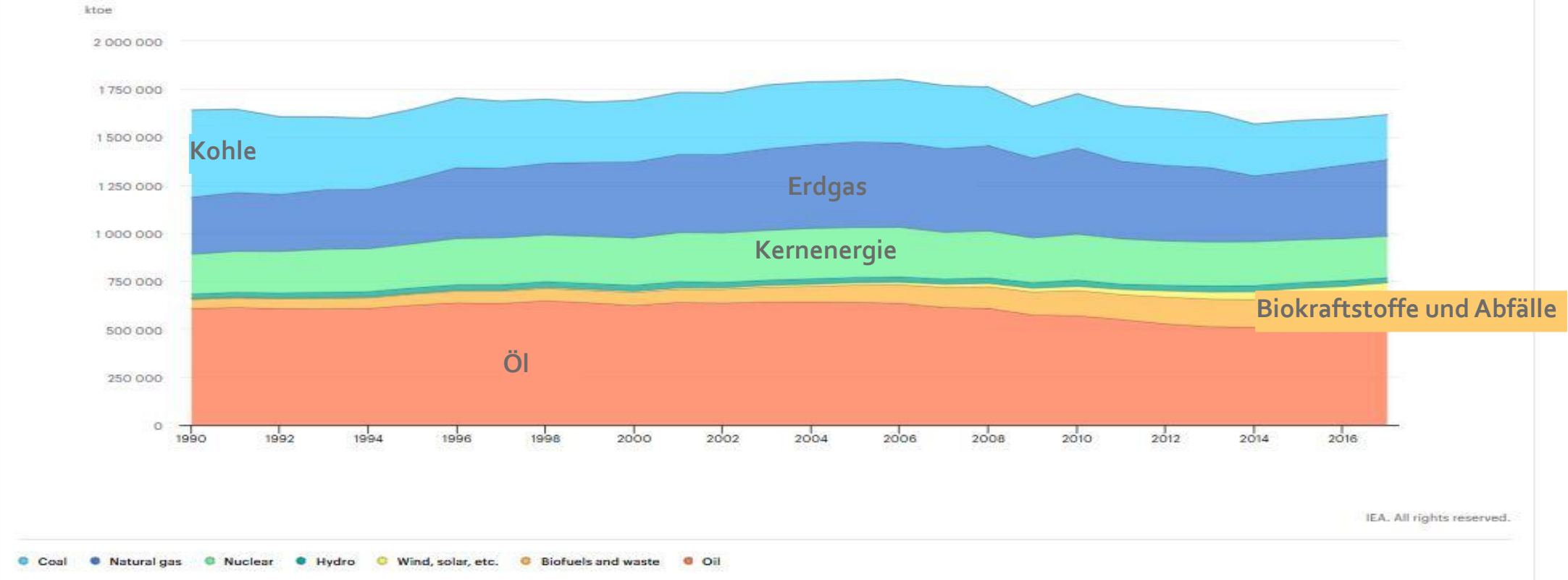


Abbildung 4: Gesamter Primärenergieverbrauch nach Quelle in der EU. Quelle: IEA [4]

Energieversorgungssysteme

Fakten und Zahlen:

- In 2019 war noch mehr als die Hälfte des Umsatzes mit Heizgeräten auf Basis von fossilen Brennstoffen!

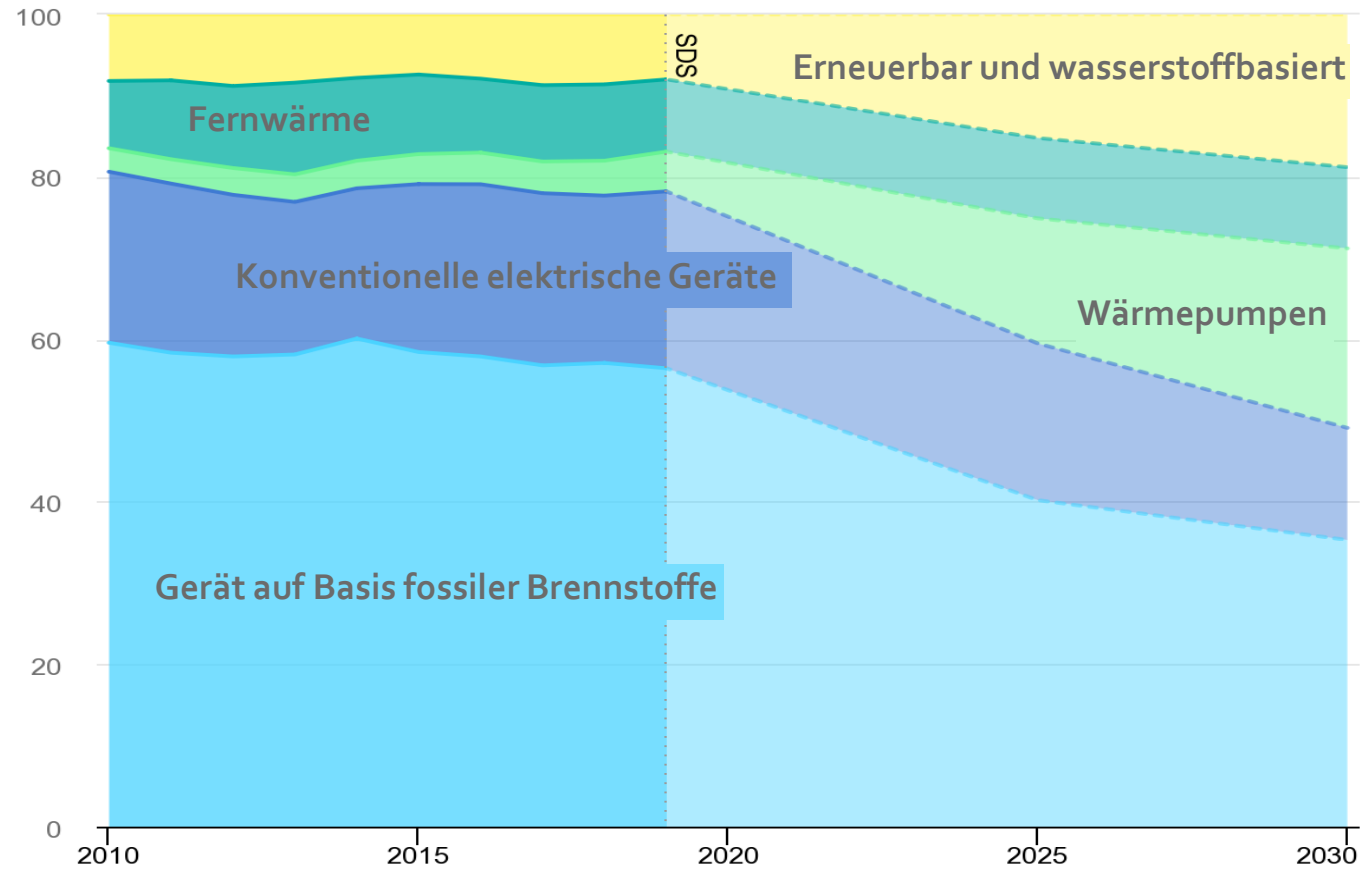


Abbildung 5: Verkauf von Heizungsproduktion nach Technologie 2020 bis 2030. Quelle: IEA [5]

Energieversorgungssysteme

Entwicklungen und Trends

- Die Energieversorgungssysteme haben sich in den letzten 100 Jahren erheblich verändert
- Der Trend geht langsam zu nachhaltigen und effizienteren Systemen
- Fernwärmenetze machen 25% in neuen Häusern in Deutschland aus, verglichen mit 14% in allen deutschen Häusern

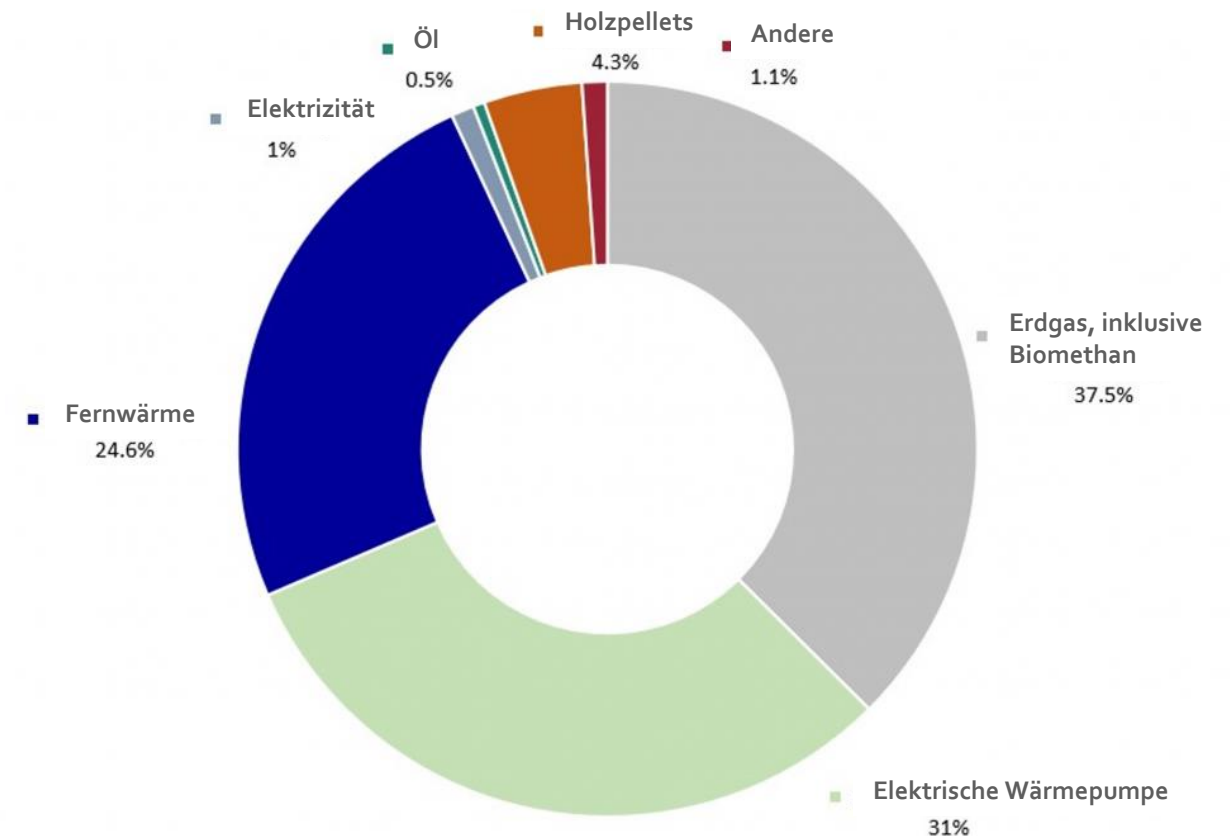


Abbildung 6: Heizquellen in neuen Häusern in Deutschland 2019. Quelle: BDEW [6]

Energieversorgungssysteme

Fuel	Mechanism	System efficiency	Fuel carbon factor gCO ₂ /kWh in 2020	Emissions vs natural gas
Coal	combustion	75%	321	+98%
Biomass	combustion	75%	305	+88%
Oil	combustion	85%	247	+34%
LPG	combustion	85%	215	+17%
Natural gas	combustion	85%	184	-
Direct electric	resistance	100%	136	-37%
Electricity / ASHP	heat transfer	240%	136	-74%
Electricity / GSHP	heat transfer	340%	136	-82%
Electricity / GSHC	heat transfer	540%	136	-88%
Green Electricity / GSHC	heat transfer	540%	-	-100%

Abbildung 7: Relative Kohlenstoff Emissionen von Heizungssystemen. Quelle: BEIS [7]

2. Niedertemperatur- Fernwärmenetze (NTFW)

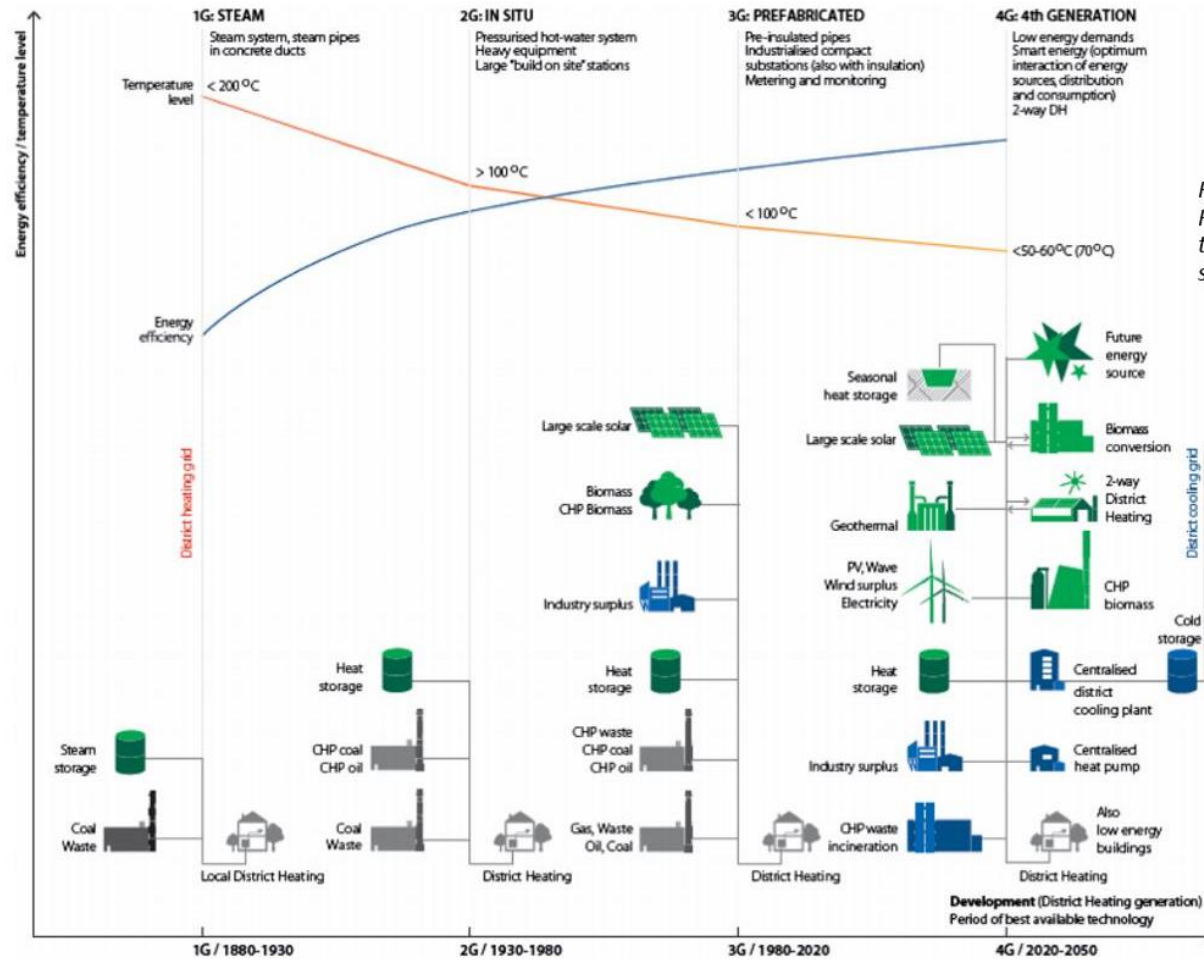
Die Geschichte der Fernwärme

Aktuelle Systeme und Anwendungen

Geschichte der Fernwärme

Generation	Temperaturen	Quellen	„Konsequenzen“
1. Generation 1880-1930	Dampf < 200°C	Kohledampfkessel und einige KWK-Anlagen	
2. Generation 1930-1980	> 100°C	KWK auf Kohle- und Ölbasis und Wärmekessel	
3. Generation 1980-	< 100°C	Große KWK- Anlagen, Verteilung der Wärme, Biomasse und Müllverbrennung	Niedriger Druck, Integration mehrerer Quellen möglich
4. Generation	Unter 50 - 70°C	Mehr erneuerbare Quellen und überschüssige Abwärme	Gut gedämmte Gebäude, Niedertemperatur- Heizungsanlagen, neue Wege der Warmwasserbereitung

Geschichte der Fernwärme



Ref. Article: 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems

Abbildung 8: Geschichte der Fernwärmenetze. Quelle: H. Lund et al. [8]

EMD International A/S
www.emd.dk

Nachteile bestehender Fernwärmenetze

- Aktuell vorherrschende "3. Generation" von Fernwärmenetzen ist gekennzeichnet durch:
 - Immernoch überwiegende Verwendung von fossilen Brennstoffen
 - Lange Transportwege mit hohen Temperaturen führen zu Wärmeverlust = geringerer Wirkungsgrad als lokal erzeugte Wärme
 - Mögliche Monopolstellung der Lieferanten (mangelnder Wettbewerb, langfristige vertragliche Verpflichtungen, ...)
 - Nicht an höhere Energieeffizienzstandards in Gebäuden angepasst



Abbildung 9: Kohle. Quelle: OnzeCreativiteit [9]



Abbildung 10: Luftverschmutzung.
Quelle: SD-Pictures [10]

Vorteile der „4. Generation“ Systeme

- Niedertemperatur-Wärmeversorgungsnetz mit reduzierten Zulauf- (55 ° C bis 70 ° C) und Rücklauftemperaturen (25 ° C bis 40 ° C)
 - Niedertemperatur-Fernwärmenetze können einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen und effizienten Nutzung von Energieressourcen leisten
 - Anpassung an die Anforderungen niedrigerer Heiztemperaturen in Bereichen energieeffizienter Gebäude, was eine erhebliche Reduzierung des Wärmebedarfs bedeutet
 - Optimierte Integration von erneuerbaren Energiequellen (Geothermie und Solarenergie) und industrieller Abwärme
 - Reduzierter Wärmeverlust in Rohren durch verbesserte Isolierung und niedrigere Netzwerktemperaturen

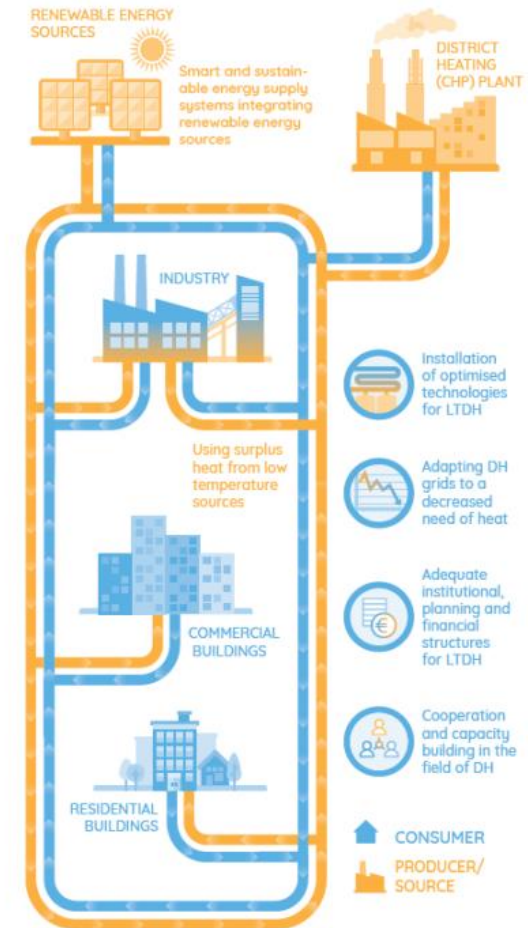


Abbildung 11: LowTEMP Projekt Schema.
Quelle: LowTEMP project [11]

Wärmenetze – indirekte oder direkte Systeme

- Direkte oder indirekte Fernwärmeversorgung möglich
- **Direkte Fernwärmeversorgung:** Das Wärmeübertragungsmedium des Lieferanten fließt ebenfalls durch das Haussystem. Benötigt weniger Platz im Hausanschlussraum als ein indirektes System
- **Indirekte Fernwärmeversorgung:** Der Wärmetauscher trennt das Hausnetz vom Netz des Lieferanten. Heißes Trinkwasser wird immer indirekt erzeugt, wobei sowohl das Fernwärmewasser als auch das Heizwasser aus dem Haussystem zum Heizen genutzt werden können
- Die Entscheidung für einen direkten oder indirekten Anschluss an das Fernwärmenetz wird in der Regel nach den Richtlinien des Fernwärmeversorgungsunternehmens getroffen

Wärmenetze – direkte oder indirekte Systeme

- Unterschiede zwischen direkten und indirekten Heizsystemen:

Direktes System	Indirektes System
Angebotsseitige Vorlauftemperatur = maximale verbraucherseitige Vorlauftemperatur	Die maximale Vorlauftemperatur kann vom Verbraucher manuell eingestellt werden
Zentrales Nachfüllen des Heizwassers	Dezentrales Nachfüllen des Heizwassers notwendig
Es gibt keine vorgeschaltete Trennung von Hydraulik und Heizsystem	Vorgeschaltet befindet sich eine Trennung von Hydraulik und Heizsystem
Die Basisstation funktioniert ohne elektrische Komponenten	Elektrische Versorgungsleitung ist erforderlich

Direkte Systeme

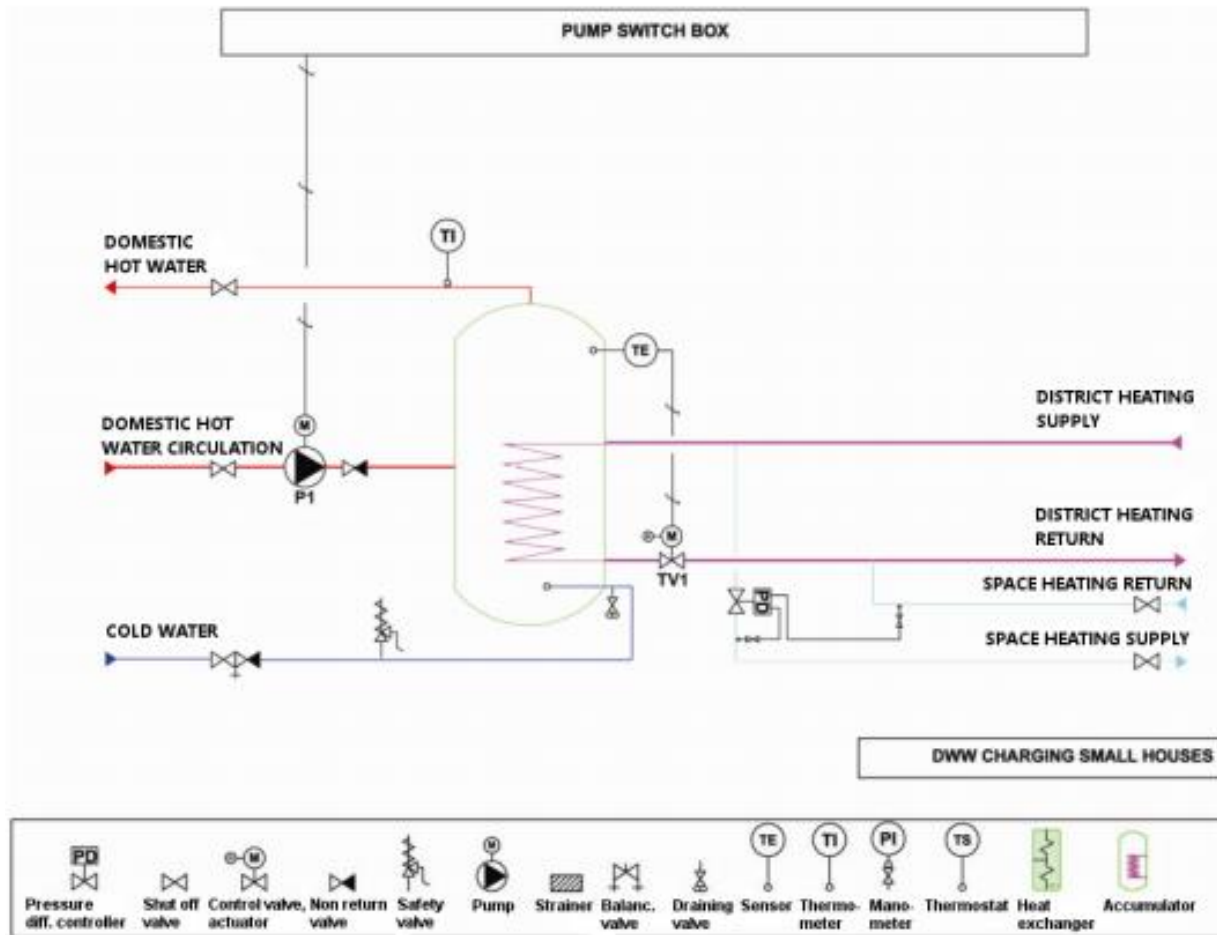


Abbildung 12: Direkte Heizsysteme. Quelle: Euroheat & Power [12]

Indirekte Systeme

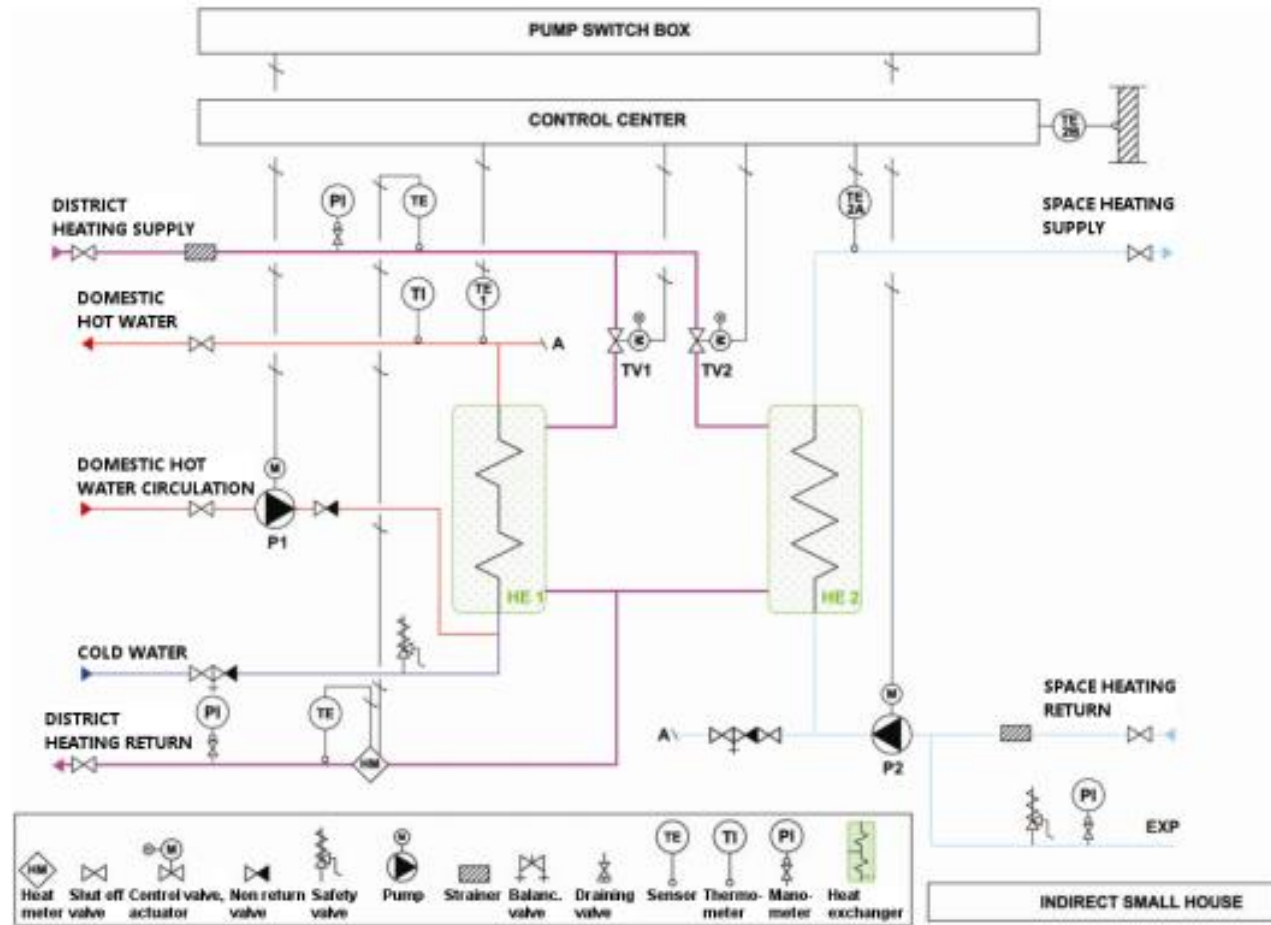


Abbildung 12: Indirekte Heizsysteme. Quelle: Euroheat & Power [12]

iGRID Temperaturzonen-Lösung

Ziel

Im direkten Fernwärme-System ist es möglich, die Temperatur lokal für einen ausgewählten Kunden oder einen Stadtteil durch die Anwendung eines Misch-shunt-Verfahrens zu senken. Ein Beispiel ist die Grundfos iGRID-Temperaturzonenlösung, die mit den Grundfos-Temperaturoptimierungsgeräten (GTO) ausgestattet ist.

Netzschemata

Die Schemata der Trinkwassernetze vor und nach der Implementierung des iGRID-Systems sind in Abb. 13 dargestellt.

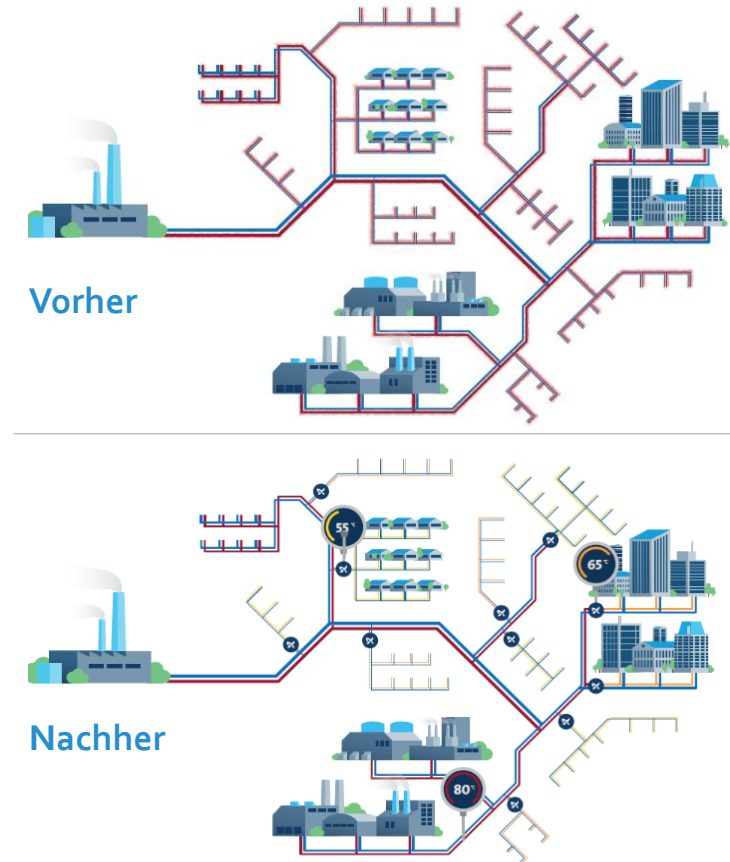


Abbildung 13: Schema der DH-Netze vor und nach der Implementierung des iGRID-Systems. Quelle: Grundfos [13]

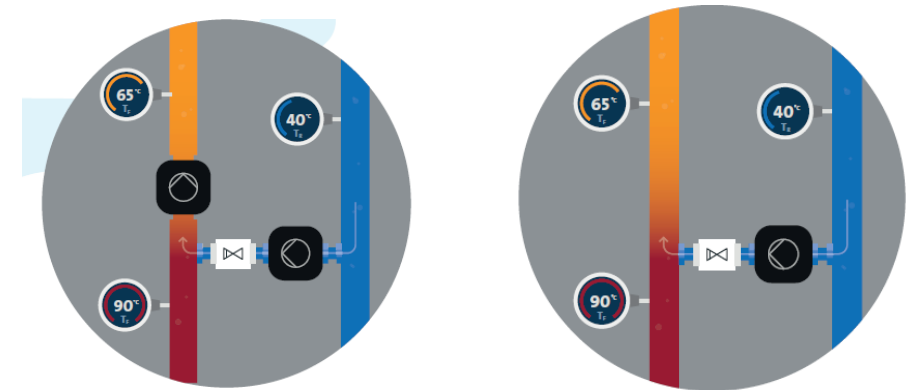
iGRID Temperaturzonen-Lösung

Die Geräte

Eine Mischschleife, die Wasser aus der Rücklaufleitung entnimmt und in den Vorlauf leitet, um die Temperatur in den einzelnen Netzzonen auf das erforderliche Niveau zu senken. Sie werden in verschiedenen Konfigurationen hergestellt

Die **Free-Flow-Lösung** verwendet zwei Pumpen. Die Pumpe in der Vorlaufleitung stellt den erforderlichen Druck in der Vorlaufleitung ein. Die Pumpe im Strang zwischen Vor- und Rücklaufleitung regelt die sekundäre Vorlauftemperatur auf das erforderliche Niveau. Diese Konfiguration eliminiert Druckverluste und gewährleistet eine hohe Zuverlässigkeit

Die **Shunt-Pumpenlösung** nutzt den Druck der Hauptnetzpumpen. Der Wirkungsgrad steigt durch die Absenkung der Vorlauftemperatur durch Vermischung von Vor- und Rücklauf. Hier ist es nicht möglich, den Druck lokal abzusenken. Die Lösung ist einfach zu implementieren, zuverlässig und reduziert Verluste an Ventilen.



Free-Flow-Lösung

Shunt-Pumpenlösung

Abbildung 14: Die Grundfos Temperatur-Optimierungsgeräte (GTO) in verschiedenen Konfigurationen. Quelle: Grundfos [13]

iGRID Temperaturzonen-Lösung

Pilotimplementierung einer Niedertemperaturzone in Kopenhagen

Die Temperaturzonenlösung wurde angewendet, um die durchschnittliche Vorlauftemperatur (für einen Stadtteil mit Ein- und Mehrfamilienhäusern) von 79°C auf 60°C zu senken

Vor der Implementierung lag die nominale Vorlauftemperatur im gesamten Netz bei 110 °C.

Jährlicher Wärmebedarf der Kunden: 9 000 MWh	Vor der Implementierung	Nach der Implementierung
Durchschnittliche Temperatur (Vorlauf/Rücklauf) [°C]	79/ 48 °C	60/ 38 °C
Verteilungsverluste [MWh]	2 570 MWh	1 950 MWh
Zusätzlicher Energieeinsatz durch Netzpumpen [MWh/rok]	0 MWh/rok	14,0 MWh/rok

Effekte: Verteilungsverluste sinken um 24 %, CO₂-Reduzierung: 47 Tonnen, einfache Amortisationszeit: 3 Jahre



Abbildung 15: Implementierung einer Niedertemperatur-Gitterzone im Raum Kopenhagen. Quelle: Grundfos [13]

3. Forschung und Projekte

Heating Roadmap Europe

LowTemp

Aarlborg Studies

Projekte „Energetische Stadtsanierung“

Forschungsprogramm Energiewendebauen

Wärmekataster Hamburg



Heat Roadmap Europe

- Konsortium von 24 Partnern aus Forschung, Bildung, Industrie und Gesetzgebung
- Seit 2012 bestehend, eine Reihe von Studien konzentriert auf kohlenstoffarme Wärmesysteme
- Erster europaweiter Wärmeetlas (Peta) zum Heiz- und Kühlbedarf
- Fahrpläne für die Dekarbonisierung des Heizungssektors für 14 EU-Länder, die zusammen 80 % der Emissionen abdecken.
- Bei der Stromerzeugung in Europa wird mehr Wärme verschwendet, als für den gesamten Heizbedarf benötigt wird!
- Forschung ist offen verfügbar, sodass andere Studien die Werkzeuge und Modelle für neue Studien verwenden können
- Gefördert durch Horizont 2020 - EU-Haushalt für Klimaschutz



LowTEMP Projekt

- EU-finanziertes Forschungsprojekt im Ostseeraum (BSR)
- 24 Projektpartner aus 8 Ländern
- Informationsaustausch mit den Nachbarländern
- Entwicklung eines Modellierungswerkzeugs, welches den Kommunen bei der Entscheidungsfindung in Bezug auf Fernwärme hilft
- Seminarunterlagen für die Fachausbildung: www.lowtemp.eu/tranining
- Wissensplattform mit Best-Practice-Beispielen: www.dhknowledge.eu

Aalborg University Studies

- Größtes Forschungszentrum seiner Art mit über 400 beteiligten Forschern
- Studien zu Fernwärme und kohlenstoffarmen Energie-Lösungen
- Zusammenarbeit mit öffentlichen und privaten Unternehmen zur Anwendungsorientierung
- Führender Partner für Fernwärme der 4. Generation
- Labor für thermische Systemkomponenten und Druckberechnungen
- Nr. 1 in Europa und Nr. 8 weltweit in der technischen Forschung (US News & World Report 2018)

Energetische Stadtsanierung (Kfw Programm 432)

Betrachtung der Potenziale des gesamten Quartiers statt alleinig einzelner Gebäude

- übergreifende Lösungen für
 - energetische Gebäudemodernisierung,
 - effiziente Wärmeversorgung,
 - Einsatz erneuerbarer Energien,
 - klimagerechte Mobilität,
 - Klimaanpassung,
 - Biodiversität,
 - klimabewusstes Verbrauchsverhalten sowie
 - Barrierefreiheit.

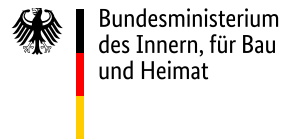
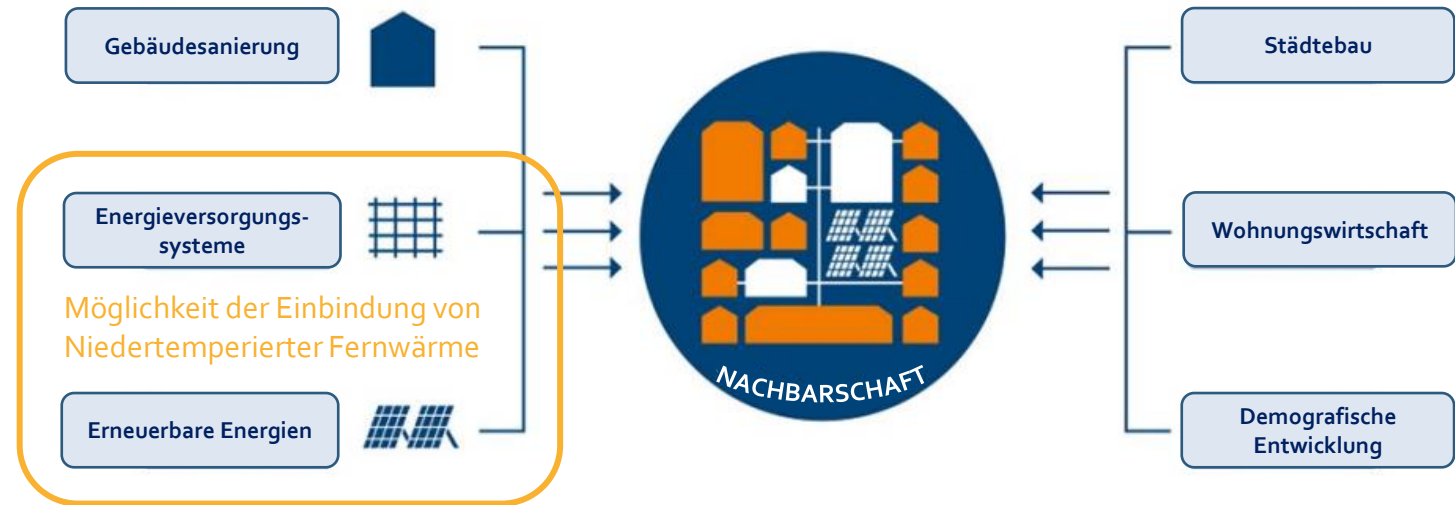


Abbildung 16: Förderung durch KfW-Programm 432 „Energetische Stadtsanierung“. Quelle: BMI [14]

Energetische Stadtsanierung (Kfw Programm 432)

- Bausteine der Konzeptentwicklung

- Bestandsanalyse
- Potenzialanalyse
- Konkrete Maßnahmen und deren Ausgestaltung
- Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen
- Methoden zur Erfolgskontrolle
- Zeitplan, Prioritäten, Mobilisierung der Akteure
- Information und Beratung, Öffentlichkeitsarbeit

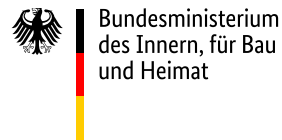
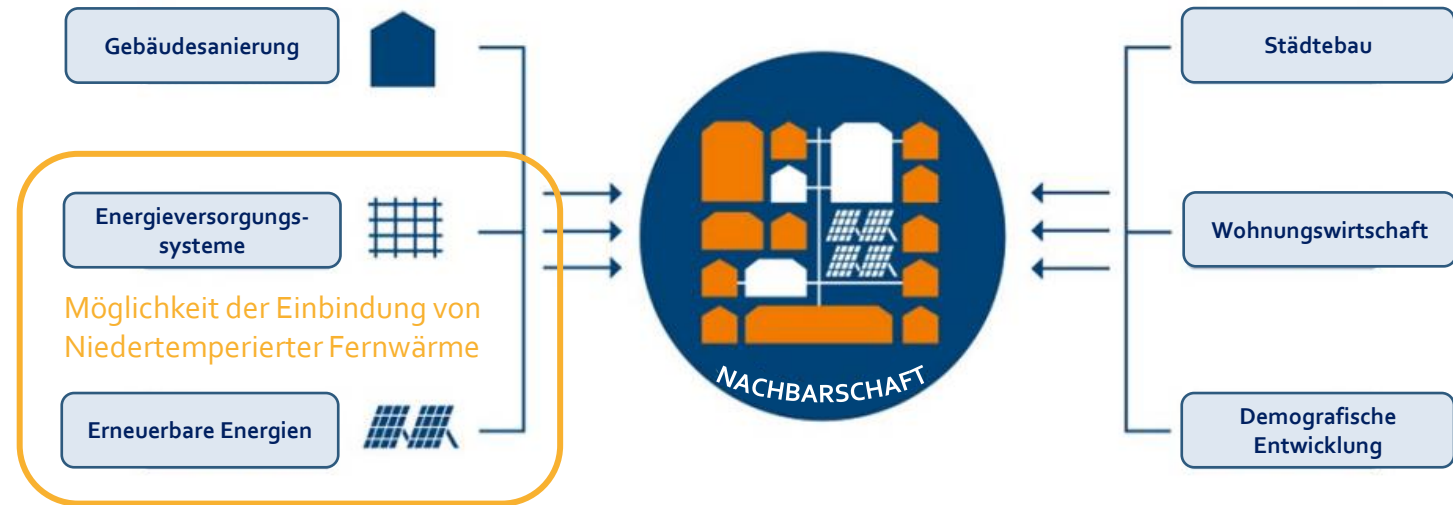


Abbildung 16: Förderung durch KfW-Programm 432 „Energetische Stadtsanierung“. Quelle: BMI [14]

Begleitforschung Energetische Stadtsanierung

- Erfahrungen aus den umgesetzten Projekten werden von der Begleitforschung evaluiert und zur Verfügung gestellt auf:

www.energetische-stadtsanierung.info

- Außerdem werden Arbeitshilfen zur Verfügung gestellt
 - Praxisleitfäden
 - Erklär- und Praxisfilme
 - Planspiel "Energetische Stadtsanierung"

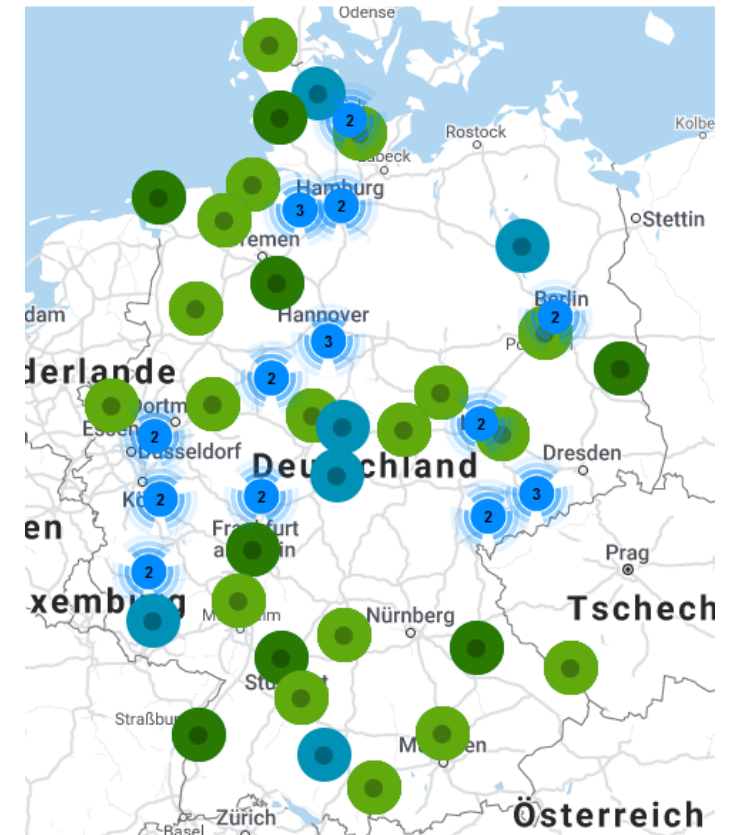
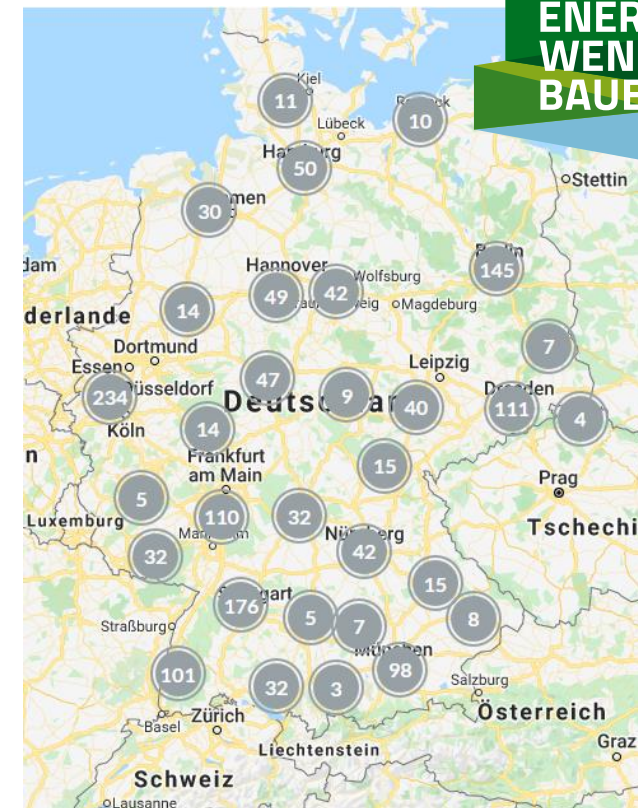


Abbildung 17: Kartierung Beispielprojekte der energetischen Stadtsanierung. Quelle: BMI [15]

Forschung für Energieeffizienz: Energiewendebauen

- Förderschwerpunkte im Bereich Gebäude und Quartiere in der Forschungsinitiative Energiewendebauen zusammengefasst
- **Energiewendebauen** bündelt und vernetzt die Forschungsfelder:
 - energieoptimierte und klimaneutrale Gebäude
 - Energiewende im Quartier
 - Versorgung mit Wärme und Kälte
 - thermische Energiespeicher
 - Förderinitiative EnEff.Gebäude.2050

Projektlandkarte



ENERGIEWENDEBAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Abbildung 18: Projektlandkarte Energiewendebauen.
Quelle: Projektträger Jülich [16]



LowTEMP2.0

Forschung für Energieeffizienz: Energiewendebauen

7. Energieforschungsprogramm der deutschen Bundesregierung

- definiert Ziele, Leitlinien und Schwerpunkte für die Forschung zur Energiewende
- Insgesamt wurden in den vergangenen 40 Jahren rund 17.300 Projekte mit insgesamt rund zwölf Milliarden Euro gefördert
- Projekte:
 - Reallabor der Energiewende Integrierte WärmeWende Wilhelmsburg (IW³)
 - Umbau Fernwärmenetz Stadt Hennigsdorf
 - Neckarpark Stuttgart (Nahwärme und -kälte aus dem Abwasserkanal)
 - „Energierategie Berlin-Adlershof 2020“



Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

Beispiel für ein Wärmekataster: Hamburg

Definition

- Ein Wärmekataster ist ein kartografisches Verzeichnis von Wärmequellen und Wärmesenken
- Verortet die Erzeugung und Verwendung bzw. den Bedarf von Wärme
- Als Grundlage wird meist ein Geoinformationssystem verwendet

Wärmekataster als Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung

- energie- und kosteneffiziente Maßnahmen in einer räumlichen Gebietseinheit identifizieren
- Infrastrukturmaßnahmen durch eine enge Verzahnung der Stadtentwicklung und Bauleitplanung koordinieren
- Bedarfs- und Potenzialanalysen unterstützen, mit denen beispielsweise Entscheidungsalternativen für effiziente und kostengünstige Wärmeversorgungslösungen aufgezeigt werden

Hamburger Wärmekataster

- **Interaktive Karte**, die Informationen zu Wärmebedarf, -erzeugung und -verteilung zur Verfügung stellt
- Es soll eine Informations- und Planungsgrundlage für energie- und stadtentwicklungsrelevante Akteure bieten und Projekte zur **CO₂-Minderung im Wärmesektor anregen**.
- Das **Handbuch zum Wärmekataster** hilft bei der Interpretation der Karten und erläutert die zugrunde gelegten Werte

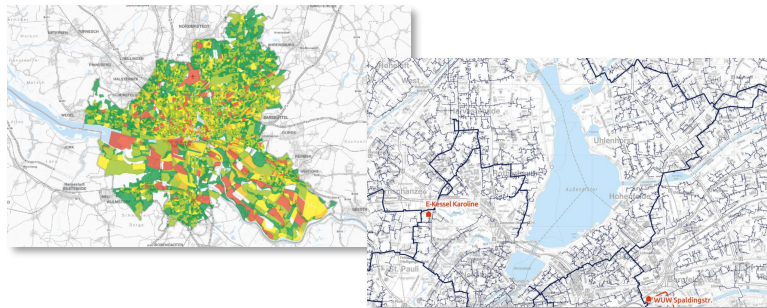


Abbildung 19: Handbuch zum Wärmekataster.
Quelle: Behörde für Umwelt und Energie [17]

Ausschnitte aus dem Hamburger Wärmekataster

Fernwärmenetz

Kartierung des bestehenden 845 Kilometer langen Hamburger Fernwärme-Rohrleitungssystem

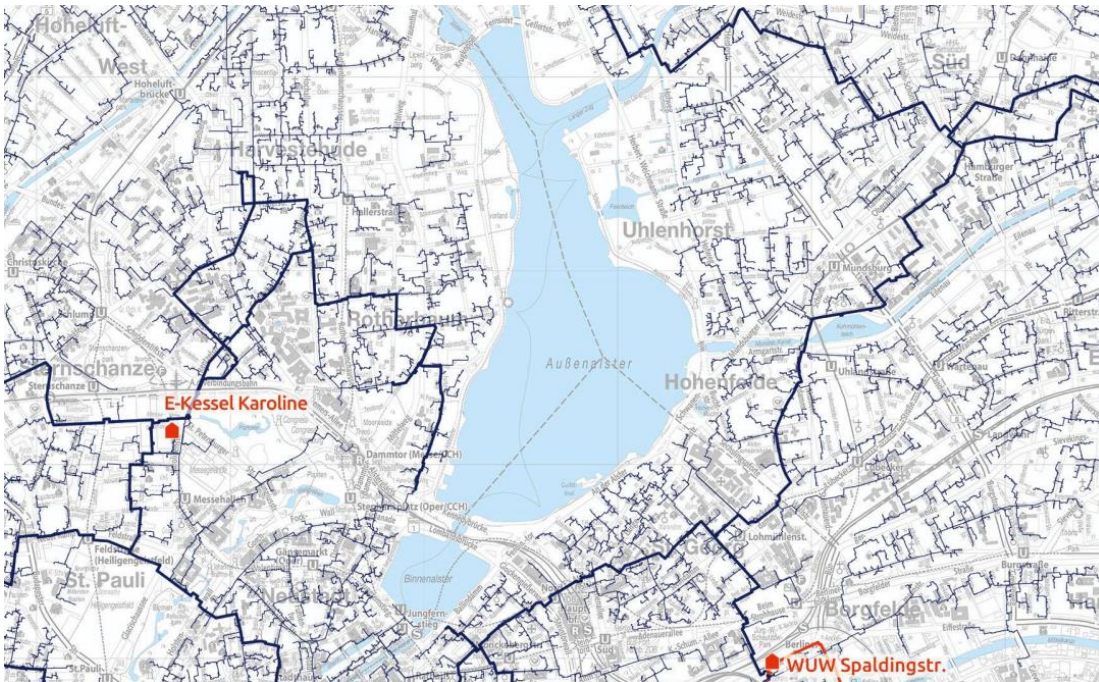


Abbildung 20: Fernwärmenetz um die Hamburger Alster. Quelle: Wärme Hamburg GmbH [18]

Hypothetisches Wärmenetz (Gebäude unsaniert)

zeigt mithilfe von Wärmedichtelinien, wie wirtschaftlich der Neuanschluss an das Wärmenetz ist (grün = weniger wirtschaftlich, rot = sehr wirtschaftlich)

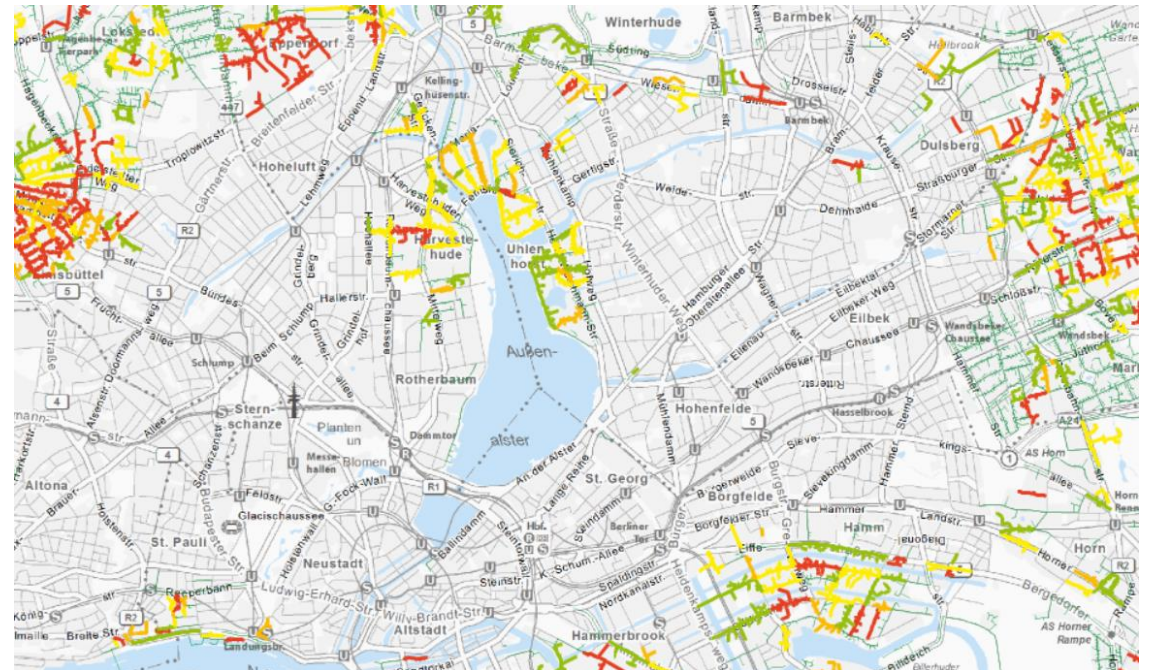


Abbildung 21: Hypothetisches Wärmenetz (Gebäude unsaniert) im Hamburger Zentrum. Quelle: LGV Hamburg [19]

Ausschnitte aus dem Hamburger Wärmekataster

Absoluter Nutzwärmebedarf (Baublock, Gebäude unsaniert) dargestellt auf Baublockebene; 2 Sanierungsstufen wählbar, auf Gebäudeebene (geclustert) ebenfalls vorhanden

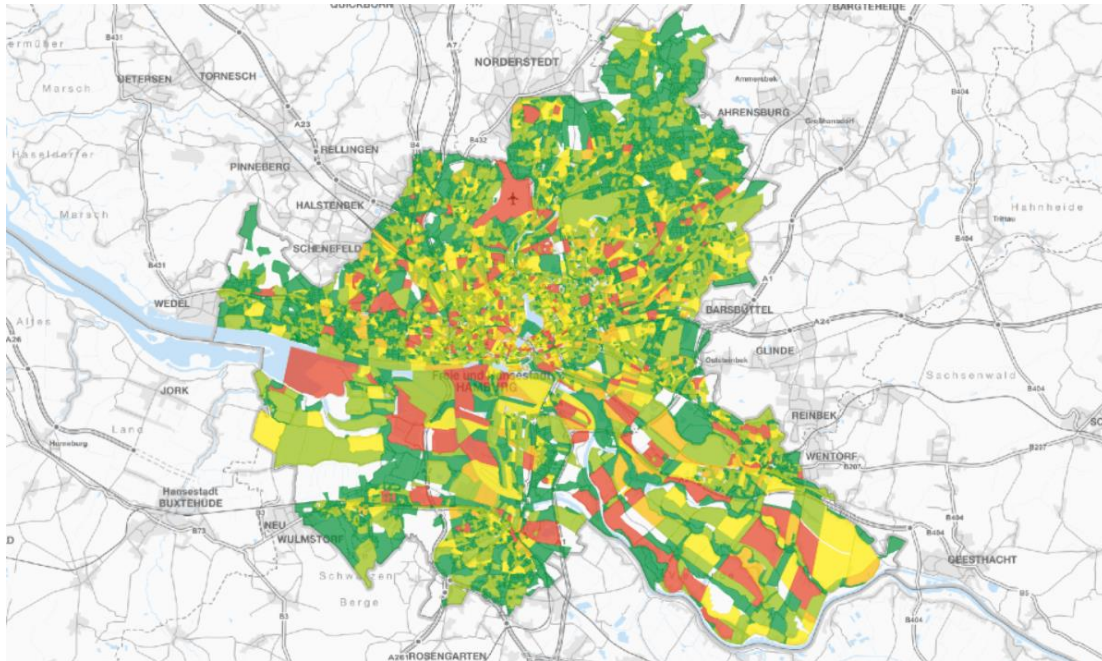


Abbildung 22: Absoluter Nutzwärmebedarf nach Baublock in Hamburg. Quelle: LGV Hamburg [19]

Spezifischer Nutzwärmebedarf (Beispiel Gebäude unsaniert) der Wohngebäude; in Kilowattstunden pro Quadratmeter Nutzfläche und Jahr [kWh/m² a], 2 Sanierungsstufen wählbar

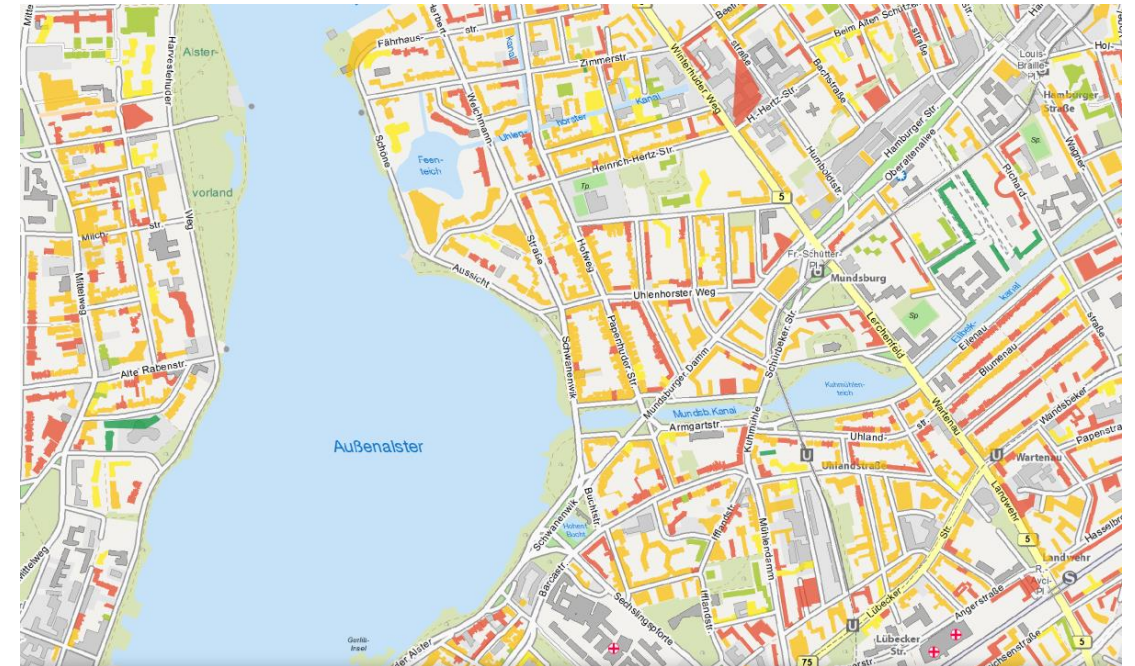


Abbildung 23: Spez. Nutzwärmebedarf (Gebäude saniert) im Hamburger Zentrum. Quelle: LGV Hamburg [19]



Bildnachweise

- [1] Al3xanderD. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/windrad-feld-getreide-himmel-4550711/>
- [2] RoyBuri. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/solar-dach-sonnenenergie-2666770/>
- [3] J. Conrad, S. Greif. Modelling Load Profiles of Heat Pumps (2019). <https://doi.org/10.3390/en12040766>
- [4] International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>
- [5] International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/heating>
- [6] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/heating-40-million-homes-hurdles-phasing-out-fossil-fuels-german-basements>
- [7] Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS). https://www.icax.co.uk/Decarbonising_Heating_2022.html
- [8] H. Lund et al. https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Generations_of_district_heating_systems_EN.svg
- [9] OnzeCreativiteitijd. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/kohle-kohl-brannte-kraftstoffpumpe-842468/>

Letzter Aufruf am: 13.04.2021



Bildnachweise

- [10] SD-Pictures. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/industrie-sonnenuntergang-1752876/>
- [11] LowTEMP project. <http://www.lowtemp.eu/downloads/>
- [12] Euroheat & Power. Guidelines for District Heating Substations (2008). http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2017/BS2017_355.pdf
- [13] Grundfos Holding A/S. <http://net.grundfos.com/Appl/ccmsservices/public/literature/filedata/Grundfosliterature-6289184.pdf>
- [14] BMI. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat. Energy-Efficient Urban Redevelopment. A Funding Programme for Climate Protection at the Neighbourhood Level. Berlin 2020. https://www.energetische-stadtsanierung.info/wp-content/uploads/2020/09/Energy_Efficient_Urban_Redevelopment.pdf
- [15] BMI. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (Hrsg): <https://www.energetische-stadtsanierung.info/praxisbeispiele/>
- [16] Projektträger Jülich. Projektlandkarte Energiewendebauen <https://projektinfos.energiewendebauen.de/projektlandkarte/>
- [17] Behörde für Umwelt und Energie. <https://www.hamburg.de/contentblob/8679336/abfc99dc53a6f145a9daa7c93a259ce4/data/d-handbuch.pdf>
- [18] Wärme Hamburg GmbH. <https://waerme.hamburg/fernwaermesystem/fernwaermenetz>
- [19] LGV Hamburg. Geoportal Hamburg. <https://geoportal-hamburg.de/geo-online/>

Letzter Aufruf am: 13.04.2021



Kontakt

ZEBAU GmbH

Zentrum für Energie, Bauen, Architektur
und Umwelt

Jan Gerbitz
Andreas Broßette
Merle Petersen

Große Elbstraße 146
22767 Hamburg
Germany

E-mail: info@zebau.de
Tel: +49 40 - 380 384 - 0
www.zebau.de