CLIMATE CHANGE
57/2026

Leitfaden Kältenetze – Netzgebundene Wärme- und Kälteversorgung zusammen denken

von:
Dr. Helena Stange, Dr. Jakob Metz, Dr. Sara Ortner
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg
Dr. Jan Steinbach, Dr. Eftim Popovski
IREES GmbH – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, Karlsruhe

Herausgeber:
Umweltbundesamt

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

CLIMATE CHANGE 57/2026

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3723 15 301 0

Leitfaden Kältenetze – Netzgebundene Wärme- und Kälteversorgung zusammen denken

von

Dr. Helena Stange, Dr. Jakob Metz, Dr. Sara Ortner
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg

Dr. Jan Steinbach, Dr. Eftim Popovski
IREES GmbH – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:
IREES GmbH – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien
Durlacher Allee 77
76131 Karlsruhe

Abschlussdatum:
Februar 2026

Redaktion:
Fachgebiet III 1.4
Dr. Daniel de Graaf

DOI:
https://doi.org/10.60810/openumwelt-8729

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, November 2026

© Alle Rechte vorbehalten

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Leitfaden Kälteintegration – Integrierter Ausbau netzgebundener Wärme- und Kälteversorgung

Die novellierte EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED) verpflichtet Kommunen mit über 45.000 Einwohner*innen, lokale Pläne für die Wärme- und Kälteversorgung zu erstellen. In Deutschland schafft das Wärmeplanungsgesetz einen rechtlichen Rahmen zur kommunalen Wärmeplanung. Der bisherige Fokus liegt jedoch auf der Wärmeversorgung, während Anforderungen an die Einbindung der Kälteversorgung noch fehlen.

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, Kommunen und Wärmenetzbetreiber frühzeitig auf kommende Anforderungen vorzubereiten und die Rolle der Kälteversorgung im Kontext der Wärmewende sichtbar zu machen. Angesichts des Klimawandels und steigendem Kühlbedarf, gewinnt die integrierte Betrachtung von Wärme und Kälte erheblich an Relevanz.

Die integrierte Planung von Wärme und Kälte hat erhebliche Vorteile: Synergien in den Planungsschritten reduzieren den organisatorischen Aufwand für Kommunen und die gemeinsame Errichtung von Infrastruktur bietet das Potenzial für deutliche Kostenreduktionen und damit eine wirtschaftlichere Kälteversorgung. Zudem ist eine integrierte Planung Voraussetzung für eine mögliche gekoppelte Wärme- und Kälteerzeugung, mit der Energie effizienter genutzt und die Abgabe von Abwärme in die Umwelt reduziert wird.

Der vorliegende Leitfaden soll kommunalen Entscheidungsträger*innen und Netzbetreibern eine kompakte, verständliche und praxisnahe Grundlage bieten, um das bislang wenig beachtete Thema Kälteversorgung in die strategische Infrastrukturentwicklung einzubinden. Ziel ist es, das notwendige Grundwissen bereitzustellen und aufzuzeigen, wie Kälte im Rahmen der Wärmeversorgung und speziell in der kommunalen Wärmeplanung systematisch berücksichtigt werden kann – von der Bedarfsermittlung über die Potenzialanalyse bis hin zu technischen Optionen für Synergien zwischen Wärme- und Kältenetzen.

Der Leitfaden soll den Einstieg in eine integrierte Planung erleichtern, die sowohl den gesetzlichen Anforderungen der kommenden Jahre gerecht wird als auch die Effizienzpotenziale einer kombinierten Wärme- und Kälteversorgung berücksichtigt.

Um ein grundlegendes Verständnis für die verschiedenen Versorgungsoptionen zu schaffen, werden in Kapitel 1 die Grundlagen der Gebäudekühlung und die unterschiedlichen Kühlungskonzepte von gebäudeindividuellen Lösungen, klassischen zentralen Kältenetze und kalter Nahwärme erläutert.

In Kapitel 2 werden die verschiedene Kälteversorgungssysteme hinsichtlich ihres Energiebedarfs und der verursachten Treibhausgasemissionen verglichen. Dabei wird auf den gesamten Lebenszyklus eingegangen – von der Herstellung über die Errichtung bis zum Betrieb. Der Leitfaden zeigt, wie Kältenetze zur Reduktion von Emissionen beitragen können. Zudem werden wirtschaftliche Aspekte wie die Kostenzusammensetzung und der Einfluss der Liniendichte auf die Wirtschaftlichkeit beleuchtet. Kapitel 3 stellt die Vorteile einer integrierten Wärme- und Kälteversorgung heraus. Durch die gemeinsame Errichtung und Nutzung von Infrastruktur lassen sich Kosten und Ressourcen sparen. Dort wo eine räumliche und zeitliche Überlagerung von Wärme- und Kältebedarf besteht, kann die Gesamteffizienz durch eine gekoppelte Erzeugung von Wärme und Kälte deutlich gesteigert werden.

Zentral ist der in Kapitel 4 beschriebene Vorschlag zur systematischen Integration der Kälteplanung in die kommunale Wärmeplanung. Aufbauend auf den Schritten und Ergebnissen einer schon vorhandenen oder parallel durchgeführten Wärmeplanung, werden die für die Kälteplanung wichtigen Verfahrensschritte und Ergebnisse dargestellt.

Kapitel 5 beleuchtet verschiedene Betreibermodelle sowie Erfolgsfaktoren für die Umsetzung. Es werden zudem der regulatorische Rahmen und Fördermöglichkeiten dargestellt, um die Realisierung von Kältenetzen zu unterstützen.

Abschließend bietet Kapitel 6 zahlreiche Praxisbeispiele aus dem In- und Ausland, die die Vielfalt und Umsetzbarkeit unterschiedlicher Kältenetzkonzepte veranschaulichen.

Abstract: Guide to Cooling Networks – Integrated planning of Grid-Connected Heating and Cooling Supply

The amended EU Energy Efficiency Directive (EED) requires municipalities with more than 45,000 residents to develop local plans for heating and cooling supply. In Germany, the Heat Planning Act (Wärmeplanungsgesetz) establishes a legal framework for municipal heat planning. However, the focus to date has been on heating supply, while requirements for cooling supply are still lacking.

Against this backdrop, it is important to prepare municipalities and heating network operators for upcoming requirements at an early stage and to highlight the role of cooling supply in the context of the heating transition. In light of climate change and rising cooling demand, an integrated approach to heating and cooling is becoming significantly more relevant.

Integrated planning of heating and cooling offers significant advantages: Synergies in the planning stages reduce the organizational burden on municipalities, and the joint construction of infrastructure offers the potential for substantial cost reductions and thus a more economical cooling supply. Furthermore, integrated planning is a prerequisite for potential combined heat and cooling generation, which allows for more efficient energy use and reduces the release of waste heat into the environment.

This guide is intended to provide municipal decision-makers and network operators with a concise, understandable, and practical foundation for integrating the topic of cooling supply—which has received little attention to date—into strategic infrastructure development. The goal is to provide the necessary basic knowledge and to demonstrate how cooling can be systematically incorporated into heat supply planning—and specifically into municipal heat planning—from demand assessment and potential analysis through to technical options for synergies between heating and cooling networks.

The guide is intended to facilitate the transition to integrated planning that not only meets the legal requirements of the coming years but also takes into account the efficiency potential of a combined heating and cooling supply.

To provide a basic understanding of the various supply options, Chapter 1 explains the fundamentals of building cooling and the different cooling concepts, ranging from building-specific solutions to traditional centralized cooling networks and cold district heating.

Chapter 2 compares the various cooling supply systems in terms of their energy consumption and the greenhouse gas emissions they generate. The analysis covers the entire life cycle—from manufacturing through construction to operation. The guide demonstrates how cooling networks can contribute to reducing emissions. It also examines economic aspects such as cost structure and the impact of pipeline density on cost-effectiveness. Chapter 3 highlights the advantages of an integrated heating and cooling supply. The joint construction and use of infrastructure can save costs and resources. Where there is a spatial and temporal overlap of heating and cooling demand, overall efficiency can be significantly increased through the combined generation of heat and cooling.

At the heart of the guide is the proposal described in Chapter 4 for the systematic integration of cooling planning into municipal heating planning. Building on the steps and results of an existing heating plan or one carried out in parallel, the procedural steps and results relevant to cooling planning are presented.

Chapter 5 examines various operator models as well as success factors for implementation. It also outlines the regulatory framework and funding opportunities to support the implementation of cooling networks.

Finally, Chapter 6 presents numerous practical examples from Germany and abroad that illustrate the diversity and feasibility of various cooling network concepts.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Grundlagen ... 11
1.1 Bedeutung der Gebäudekühlung ... 11
1.2 Grundlagen der Kühlung ... 12
1.3 Gebäudeindividuelle Kühlung ... 17
1.4 Kältenetz ... 18
1.5 Kalte Nahwärme ... 21
2 Kälteversorgung im Vergleich: Energiebedarf, Emissionen und Kosten ... 25
2.1 Energiebedarf aus Betrieb, Herstellung und Errichtung ... 25
2.2 Reduktion von Treibhausgasemissionen und Materialaufwand durch Kältenetze ... 27
2.3 Reduktion der Stromlast durch Kältenetze ... 30
2.4 Wann sich Kältenetze rechnen: Kostenzusammensetzung und Einfluss der Liniendichte ... 31
3 Vorteile integrierter Wärme- und Kälteversorgung ... 34
3.1 Gemeinsame Errichtung von Infrastruktur: Kosten und Ressourcen sparen ... 35
3.2 Gemeinsame Nutzung von Infrastruktur: Kälte statt Wärme im Sommer ... 39
3.3 Effizienzsteigerung durch gleichzeitige Wärme- und Kälteerzeugung ... 40
4 Integration der Kälteplanung in die Wärmeplanung ... 45
4.1 Vorbereitungsphase: potenzielle Ankerkunden einbinden ... 47
4.2 Eignungsprüfung: Teilgebiete für Kältenetzprüfung identifizieren ... 48
4.2.1 Identifikation der Teilgebiete mit Potenzial für eine Prüfung der Kältenetzeignung ... 49
4.2.2 Vorgehen für Teilgebiete ohne Kältenetzpotenzial ... 53
4.3 Bestandsanalyse: Schätzung des Kältebedarfs ... 53
4.4 Potenzialanalyse: Rückkühlquellen erfassen ... 55
4.5 Zielszenario: Kältenetzgebiete und Integration von Wärme- und Kälteversorgung ... 58
4.6 Umsetzungsstrategie ... 60
5 Potenziale für Kältenetze heben ... 64
5.1 Betreibermodelle und Erfolgsfaktoren ... 64
5.2 Regulatorischer Rahmen und Förderung ... 67
6 Praxisbeispiele ... 69
Luftgekühltes Kältenetz: City Nord Hamburg ... 69
Fernkälte und Grundwasserkälte München: M-Fernkälte ... 70
Flussgekühltes Kältenetz: Wien ... 71
Gleichzeitige Wärme- und Kälteerzeugung: Helsinki ... 72
Kalte Nahwärme im Bestand: Innsbruck ... 73

Kalte Nahwärme im Neubau: Bad Nauheim Süd 74
Betriebsmodell Industriepark: Industriepark Höchst 75
Betriebsmodell Public-Private-Partnership: Fernwärme Buttenwiesen 76
Danksagung 77
Glossar 78
Abbildungen 80
Tabellen 81
Quellenverzeichnis 82

1 Einleitung und Grundlagen

Mit der novellierten EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED) ergeben sich neue verbindliche Vorgaben für die strategische Planung der Wärme- und Kälteversorgung in den Mitgliedstaaten. Artikel 25 Absatz 6 EED verpflichtet die Mitgliedstaaten dazu, sicherzustellen, dass Kommunen mit mehr als 45.000 Einwohner*innen lokale Pläne für die Wärme- und Kälteversorgung erarbeiten. Diese Pläne müssen auf den nationalen umfassenden Bewertungen beruhen und insbesondere

1. das Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz und zum Einsatz erneuerbarer Energien in der Wärme- und Kälteversorgung beleuchten,
2. mit dem Grundsatz „Energieeffizienz an erster Stelle“ konsistent sein,
3. Strategien entwickeln, wie die identifizierten Potenziale erschlossen werden können und unter Einbeziehung aller relevanten regionalen oder lokalen Interessenträger ausgearbeitet werden.

In Deutschland wurde mit dem **Wärmeplanungsgesetz** bereits ein zentraler rechtlicher Rahmen geschaffen, der Kommunen zur Erstellung einer verbindlichen kommunalen Wärmeplanung verpflichtet. Der Fokus liegt bislang jedoch nahezu ausschließlich auf der **Wärmeversorgung**; Anforderungen an eine integrierte Betrachtung der **Kälteversorgung** bestehen derzeit noch nicht, obwohl die EED mittelfristig genau diese Verbindung vorschreibt.

Vor diesem Hintergrund steigt der Bedarf, Kommunen und Wärmenetzbetreiber frühzeitig auf die kommenden Anforderungen vorzubereiten und die Rolle der Kälteversorgung im Kontext der Wärmewende sichtbar zu machen. Denn mit dem Klimawandel und der damit verbundenen Zunahme von Hitzetagen und Tropennächten, sowie zunehmender Verdichtung und steigendem Kühlbedarf im Gewerbe- und Dienstleistungssektor, gewinnt die integrierte Betrachtung von Wärme und Kälte erheblich an Relevanz.

Die integrierte Planung von Wärme und Kälte hat erhebliche Vorteile: Synergien in den Planungsschritten reduzieren den organisatorischen Aufwand für Kommunen und die gemeinsame Errichtung von Infrastruktur bietet das Potenzial für deutliche Kostenreduktionen und damit eine wirtschaftlichere Kälteversorgung. Zudem ist eine integrierte Planung Voraussetzung für eine gekoppelte Wärme- und Kälteerzeugung, mit der Energie effizienter genutzt und die Abgabe von Abwärme in die Umwelt reduziert wird.

Der vorliegende Leitfaden soll kommunalen Entscheidungsträger*innen und Netzbetreibern eine kompakte, verständliche und praxisnahe Grundlage bieten, um das bislang wenig beachtete Thema Kälteversorgung in die strategische Infrastrukturentwicklung einzubinden. Ziel ist es, das notwendige Grundwissen bereitzustellen und aufzuzeigen, wie Kälte im Rahmen der Wärmeversorgung und speziell in der kommunalen Wärmeplanung systematisch berücksichtigt werden kann – von der Bedarfsermittlung über die Potenzialanalyse bis hin zu technischen Optionen für Synergien zwischen Wärme- und Kältenetzen.

Damit schafft der Leitfaden ein erstes gemeinsames Verständnis und erleichtert den Einstieg in eine integrierte Planung, die sowohl den gesetzlichen Anforderungen der kommenden Jahre gerecht wird als auch die Effizienzpotenziale einer kombinierten Wärme- und Kälteversorgung berücksichtigt.

1.1 Bedeutung der Gebäudekühlung

Die energetische Bedeutung der Gebäudekühlung ist in Deutschland derzeit noch vergleichsweise gering und konzentriert sich überwiegend auf den Bereich der Nichtwohngebäude. Nach den Anwendungsbilanzen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

(AGEB) lag der Kälteendenergieverbrauch für Klimakälte in Deutschland im Jahr 2024 bei etwa 15 TWh. Die Klimakälte wird nahezu vollständig außerhalb des Wohngebäudebereichs genutzt: 54 % fallen im GHD- und 32 % im Industriesektor an. Private Haushalte tragen derzeit nur einen geringen Anteil zur Gebäudekühlung bei (< 10 %).

Der Anteil des Verkehrs am Kälteenergieverbrauch für Klimakälte liegt laut AGEB bei gut 5 % (AGEB, 2025), während andere Untersuchungen einen ähnlich hohen Verbrauch für Klimakälte in Fahrzeugen wie in Gebäuden angeben (VDMA, 2018). Im Vergleich zur Klimakälte weist die Prozesskälte einen deutlich höheren Endenergieverbrauch von knapp 44 TWh auf, die mit 69 % durch Kühl- und Gefriergeräte in privaten Haushalten dominiert wird (AGEB, 2025).

Im Verhältnis zum gesamten gebäudebezogenen Energieverbrauch ist der Anteil der Klimakälte bislang gering. Der Endenergieverbrauch von Gebäuden für Heizung, Warmwasser, Kühlung, Beleuchtung und sonstige Anwendungen lag im Jahr 2024 bei rund 792 TWh (AGEB, 2025). Der Anteil der Klimakälte beträgt damit weniger als 2 % des gesamten gebäudebezogenen Endenergieverbrauchs in Deutschland

Diese Zahlen verdeutlichen, dass Gebäudekühlung aktuell keine vergleichbare systemische Bedeutung wie die Wärmeversorgung hat, jedoch bereits heute in bestimmten Nutzungssegmenten eine zentrale Rolle spielt und sich räumlich stark auf Nichtwohngebäude konzentriert. Im Zuge des Klimawandels ist mit einer steigenden Nachfrage nach Gebäudekühlung zu rechnen.

Abweichung von Kältebedarf und tatsächlichem Energieverbrauch

Zu beachten ist auch die deutliche Differenz zwischen dem theoretischen Kühlbedarf von Gebäuden und dem tatsächlich realisierten Energieverbrauch. Während der aktuelle Energieeinsatz für Klimakälte bei rund 15 TWh liegt, ergibt eine Bottom-up-Schätzung allein für Nichtwohngebäude einen theoretischen Kältebedarf von etwa 155 TWh pro Jahr (Popovski et al., 2026).

Diese Diskrepanz verdeutlicht, dass maschinelle Kühlung – anders als bei der Wärmeversorgung – bislang nur in einem Teil der Gebäude tatsächlich zur Verfügung steht. Der Kälteverbrauch ist somit in hohem Maße von der technischen Ausstattung, der Nutzungsart und den Komfortanforderungen abhängig. Ein theoretisch ermittelter Kältebedarf muss daher, insbesondere in Wohngebäuden, nicht zwingend flächendeckend bedient werden. Grundsätzlich ist die Vermeidung von Kältebedarf durch sommerlichen Wärmeschutz (Hutter et al., 2023) einer aktiven Kühlung vorzuziehen.

1.2 Grundlagen der Kühlung

Einen Raum zu kühlen bedeutet Wärme abzuführen. Sowohl die Wärmeaufnahme im Raum als auch die Verteilung der Kälte im Gebäude oder Netz und die Wärmeabgabe an die Umwelt kann auf verschiedene Weise stattfinden. Die für das Verständnis wichtigsten Aspekte werden an dieser Stelle zusammengefasst[1], überwiegend auf Basis von (Brunner et al., 2021b).

Der Unterschied zwischen Kühlung und Raumluftkonditionierung

Während Kühlung die reine Abfuhr von Wärme bezeichnet, umfasst Raumluftkonditionierung neben der Lufttemperatur zusätzlich die Regulierung von Luftfeuchte, Luftqualität und Luftbewegung. Hieraus resultieren unterschiedliche Anforderungen an das Temperaturniveau der Kälteerzeugung. Reine Kühlung ohne Entfeuchtung findet je nach System der

[1] Für vertiefende Informationen zu Kühlung, Kälteerzeugung und Raumluftkonditionierung sei unter anderem verwiesen auf: Albers & Sprenger 2024; Brunner et al. 2021; Dohmann 2016; Rietschel & Fitzner 2008.

Wärmeaufnahme mit Temperaturen von etwa 14 bis 22 °C statt. Dahingegen werden für eine kontrollierte Entfeuchtung etwa 6 °C und bei Teilentfeuchtung rund 10 °C benötigt.

Systeme der Wärmeaufnahme

Die Wärmeaufnahme im Raum erfolgt über Übergabesysteme wie Konvektoren, Umluftkühler, Flächenkühlsysteme oder bei Raumluftkonditionierung mittels zentral konditionierter Zuluft. Gebläsekonvektoren an der Wand oder Decke arbeiten mit aktiver Luftumwälzung und können bei niedrigen Kaltwassertemperaturen (etwa 6 – 10 °C) auch entfeuchten. Diese Systeme sind typisch für Büro- oder Hotelgebäude im Bestand, da sie flexibel nachrüstbar sind. Unterflurkonvektoren (Fußboden) übernehmen vor allem die sensible Kühlung und können deshalb mit höheren Kaltwassertemperaturen arbeiten. Flächenkühlsysteme wie Kühldecken, gekühlte Fußböden oder thermische Bauteilaktivierung werden überwiegend im Neubau eingesetzt. Diese Systeme weisen zwar eine höhere Trägheit auf, können aber mit hohen Temperaturen (18 bis 22 °C) betrieben werden und sind deshalb eine besonders effiziente Art der Kühlung. Der Einsatz von Bestandsheizkörpern zur Ankühlung ist prinzipiell möglich (Arendt et al., 2020), jedoch noch nicht üblich und die Vorlauftemperaturregelung muss immer eine Vermeidung von Kondenswasser sicherstellen.

Kälteverteilung im Gebäude durch Wasser oder Luft

Die Verteilung von Kälte im Gebäude erfolgt wasserbasiert oder luftbasiert. Wasserbasierte Systeme transportieren Kälte über Kaltwasserleitungen zu dezentralen Übergabesystemen und nehmen dort Wärme auf. Wasserbasierte Systeme sind energieeffizienter und benötigen weniger Platz. Sie kommen zur Raumtemperierung ohne Luftkonditionierung zum Einsatz und sind für Gebläsekonvektoren, Bauteilaktivierung und Kühldecken die Standardlösung. Wenn zusätzlich zur Kühlung auch eine Lüftung, Entfeuchtung oder Filterung der Luft notwendig ist, wird eine ergänzende oder vollständig luftbasierte Klimatisierung benötigt. Luftbasierte Systeme transportieren die Kälte über zentral konditionierte Zuluftleitungen zu den klimatisierten Räumen. Luftkanäle können sperrig sein, und müssen hygienischen Anforderungen genügen. Die Abluft wird zentral oder dezentral abgeführt. Luftbasierte Systeme eignen sich für Gebäude mit hohem Außenluftbedarf oder vielen gleichmäßig klimatisierten Bereichen, wie Kaufhäuser, Konferenzgebäude oder Krankenhäuser. Der Energieverbrauch von raumlufttechnischen Anlagen ist oft erheblich.

Kompressionskältemaschinen

Die Kompressionskältemaschine ist mit etwa 90 % der Systeme die am weitesten verbreitete Technologie zur Kälteerzeugung (Goetschkes et al., 2021). Analog zu einer Kompressionswärmepumpe wird mit Hilfe von elektrischer Antriebsenergie ein Kältemittel im Kompressor verdichtet, um auf höherem Temperaturniveau im Kondensator Wärme an die Umwelt abzugeben. Nach Entspannung durch das Expansionsventil kann das flüssige Kältemittel im Verdampfer durch Übergang in die Gasphase Wärme aufnehmen und somit den Kaltwassersatz oder ein anderes Kälteträgermedium abkühlen. Der physikalische Prozess entspricht somit dem Wärmepumpenprozess, jedoch unter Nutzung der Wärmeentzugsleistung. Die Effizienz (siehe Leistungszahl) hängt von der Zieltemperatur sowie der Temperatur der Rückkühlquelle ab; je geringer der Temperaturhub, desto höher die Effizienz. Von den Temperaturrandbedingungen hängt auch die Auswahl eines geeigneten Kältemittels (siehe Exkurs Kältemittel) ab.

Exkurs: Kältemittel

Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), die überwiegend als Kältemittel eingesetzt werden, gehören aufgrund ihres teils sehr hohen Treibhauspotenzials und ihrer atmosphärischen Persistenz zu den relevanten anthropogenen Treibern der Klimaerwärmung, weshalb ihr Einsatz in der EU durch die F-Gas-Verordnung schrittweise stark eingeschränkt wird. Die CO_2-äquivalente Wirkung typischer fluorierter Kältemittel liegt in einer Größenordnung von 124 (R-152a) bis ungefähr 15 000 (R-23).

Als Reaktion darauf wurden durch die Industrie zunehmend ungesättigte fluorierte Kohlenwasserstoffe (u-HFKW) sowie zusätzlich chlorierte ungesättigte HFKW (u-HFCKW) eingeführt, die eine deutlich geringere Treibhauswirkung haben. Wie auch die meisten HFKW gehören diese synthetisch hergestellten Kältemittel jedoch zur problematischen Stoffgruppe der PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen), die zum Teil in der Atmosphäre zur PFAS-Substanz Trifluoressigsäure (TFA) abgebaut werden. TFA zeichnet sich durch eine sehr hohe chemische Stabilität, Persistenz und Mobilität aus, ist in der Umwelt kaum abbaubar und reichert sich in Gewässern und der Nahrungskette an, was langfristige zu Risiken für Umwelt und Trinkwasserressourcen führt (Behringer et al., 2021). Deshalb werden TFA-bildende Kältemittel kritisch bewertet und sollen zukünftig mit anderen PFAS auf EU-Ebene beschränkt werden (UBA, 2025).

Vor diesem Hintergrund gewinnen natürliche Kältemittel zunehmend an Bedeutung. Stoffe wie Kohlenwasserstoffe (insb. Propan (R-290)), Ammoniak (R-717) und Kohlendioxid (R-744) weisen ein sehr geringes bzw. kein Treibhausgaspotenzial auf und führen weder zu einer langfristigen Anreicherung in der Atmosphäre noch zur Bildung persistenter Abbauprodukte wie TFA. Der Markthochlauf natürlicher Kältemittel in Wärmepumpen, insbesondere Propan im Wohngebäudebereich sowie zunehmend Ammoniak und zum Teil CO_2 für Großwärmepumpen, belegt die technische Reife, Effizienz und regulatorische Umsetzbarkeit dieser Stoffe (Ahrendts, Fabian et al., 2023; BWP, 2025).

Herzstück Kompressor

Die Effizienz einer Kompressionskältemaschine hängt stark vom Typ des Verdichters und der Betriebsart (Voll- oder Teillast) ab. In kleinen bis mittleren Anlagen mit einer Kälteleistung von bis zu 1000 kW sind Hubkolbenverdichter verbreitet, deren gute Effizienz im Volllastbetrieb sich bei Teillast deutlich reduziert. In kleinen Anlagen bis 300 kW kommen oft auch günstigere Scrollverdichter zum Einsatz; diese arbeiten effizienter im Teillastbetrieb. Schraubenverdichter werden in mittleren Anlagen im einstelligen Megawattbereich genutzt und sind am Markt am stärksten verbreitet (Grand View Research, 2025). Sehr effiziente Turboverdichter können ab ca. 200 kW eingesetzt werden und kommen meist für sehr große Anlagen bis zu 30 MW Kälteleistung zum Einsatz (Brunner et al., 2021b). Ein Großteil der heutigen Turboverdichter verwendet ungesättigte teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (u-HFKW) als Kältemittel (Günther, Dirk et al., 2023), deren Abbauprodukte die Umwelt belasten (Behringer et al., 2021), siehe Exkurs zu Kältemitteln auf S. 13.

Thermisch angetriebene Kältemaschinen

Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen nutzen Wärme zur Erzeugung von Kälte. Klassische Absorptionskältemaschinen arbeiten mit Flüssigkeitslösungen, während Adsorptionsmaschinen die Kälte durch Sorption von Kältemittel an festen Stoffen (Sorbentien) erzeugen. Beide Typen sind besonders geeignet, wenn Abwärme, Fernwärme oder solarthermische Quellen verfügbar sind. Für den Antrieb mit Abwärme (< 100 °C) wird eine höhere Wärmemenge als die erzeugte Kältemenge benötigt. Der thermische Antrieb erlaubt eine

Kopplung von Wärme- und Kältesystemen. Mittels Fernwärme angetriebene, dezentrale Absorptionskältemaschinen sind in manchen Wärmenetzen vorhanden, um sommerliche Überschusswärme zu nutzen (bspw. in Leipzig). Dies führt jedoch dezentral zu hohen Abwärmeeinträgen aus den sorptiven Kühlprozessen, denn es werden im Vergleich zu Kompressionskältemaschinen höhere Abwärmemengen an die Umgebung abgeführt. Mit zunehmender Transformation der Fernwärme nimmt die Relevanz dieses Anwendungsfalls ab.

Leistungszahl und Arbeitszahl als Maß der Effizienz

Die Leistungszahl (COP, engl. *Coefficient of Performance*) beschreibt die Effizienz einer Kälteanlage an einem bestimmten Betriebspunkt durch das Verhältnis von Kälteleistung zu elektrischen Antriebsleistung. Sie ist ein momentaner Effizienzindikator, abhängig von Quellen- und Senkentemperatur, Lastgrad und Betriebsbedingungen. Dahingegen ist die Arbeitszahl ein Maß für die Effizienz einer Wärmepumpe über einen bestimmten Zeitraum – also unter verschiedenen Betriebsbedingungen – und beschreibt das Verhältnis von erzeugter Wärmemenge zu dem dafür eingesetzten Strom. Bei thermischen Kältemaschinen wird die abgeführte Wärmemenge im Verhältnis zur zugeführten thermischen Leistung beziehungsweise Energie berücksichtigt. Die Arbeitszahl dient der Einordnung und Vergleichbarkeit von Systemen in einer Betriebsperiode.

Flexibilität durch Kältespeicher

Kältespeicher dienen dazu, Kälte zeitlich zu verschieben, um damit Erzeugung und Bedarf zu entkoppeln. Sie ermöglichen Lastverschiebung, Spitzenlastreduktion und eine bessere Ausnutzung effizienter Betriebsbedingungen und -zeiten. In Kältenetzen erhöhen sie die Flexibilität, verbessern die Wirtschaftlichkeit und erleichtern die Integration erneuerbarer Kälteerzeugung sowie die gemeinsamen Wärme- und Kälteerzeugung.

In der Praxis werden Kältespeicher überwiegend zur Kurzzeitkältespeicherung (Tag-Nacht-Zyklus) als Kaltwasserspeicher oder als Eisspeicher realisiert. Kaltwasserspeicher nutzen die sensible Wärmekapazität von Wasser und den Effekt der thermischen Schichtung. Wasser wird in einem definierten Temperaturbereich abgekühlt und wird entweder direkt ins Netz eingespeist oder nimmt über Wärmeübertrager Abwärme aus dem Netz auf. Bei typischen Betriebsbedingungen liegt die Speicherkapazität bei circa 10 kWh/m^3. Eisspeicher erweitern dieses Prinzip um die Nutzung der latenten Wärme beim Phasenwechsel von Wasser: Durch das gezielte Gefrieren von Wasser in einem Speicher wird Kälteenergie gespeichert. Das Wasser wird dabei über viele Rohrschlangen, die von einem frostsicheren Kälteträgermedium durchströmt werden, schrittweise eingefroren. Beim späteren Auftauen nimmt das Eis Wärme aus dem Kälteträgermedium auf und setzt so die gespeicherte Kälte wieder frei. Aufgrund der zusätzlich nutzbaren Schmelzenthalpie weisen Eisspeicher eine deutlich höhere Energiedichte (bis zu 100 kWh/m^3) auf als reine Kaltwasserspeicher, was sie insbesondere bei begrenztem Platzangebot attraktiv macht (Urbaneck, 2012).

Wärmeabgabe an die Rückkühlquellen

Die Rückkühlung beschreibt die Abgabe der durch die Kühlung abgeführten Wärme. Wie Abwärme im Allgemeinen sollte diese, soweit möglich und zumutbar[2],

1. direkt weitergenutzt werden: bspw. simultane Erzeugung von Heiz- und Kühlleistung im Gebäude,
2. als unvermeidbare Abwärme verwertet werden: bspw. durch Einspeisung in ein Wärmenetz, ggf. mit einer Temperaturerhöhung,

[2] Vgl. § 16 EnEfG: Vermeidung und Verwendung von Abwärme. Pflicht zur Vermeidung von Abwärme für Unternehmen mit einem Gesamtendenergieverbrauch von mehr als 2,5 GWh/a.

3. oder saisonal eingespeichert werden: Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder Aquifere

In der Praxis überwiegt aktuell die Rückkühlung an die Umwelt. Als Rückkühlquellen kommen dann typischerweise Außenluft, Grundwasser oder Oberflächenwasser wie Flüsse und Seen in Betracht. Um Wärme abzugeben, muss die Abwärme der Kälteerzeugung eine höhere Temperatur als die Rückkühlquelle haben. Je wärmer die Rückkühlquelle, desto größer ist der erforderliche Temperaturhub der Kältemaschine, was Effizienz und den Energieverbrauch maßgeblich beeinflusst.

Luftkühlung mit Außenluft ist die klassische Rückkühlquelle der Kälteerzeugung. Anders als etwa Gewässer erfordert sie keinen zusätzlichen Erschließungsaufwand und lässt sich daher unabhängig von lokalen Gegebenheiten und Anlagengröße flexibel realisieren. Wird die Wärme trocken abgegeben, muss die Austrittstemperatur 5 bis 9 K über der Außenlufttemperatur liegen (Trockenrückkühler). Bei der Nassrückkühlung unterstützt hingegen die Verdunstungsenergie von Wasser die Wärmeabgabe, sodass die Austrittstemperatur der Kältemaschine sogar einige Kelvin unterhalb der Außenlufttemperatur liegen kann. Eine Abgabe von Abwärme an die Außenluft kann zur Entstehung von lokalen Hitzeinseln, insbesondere im städtischen Bereich beitragen.

Im Vergleich zur Außenluft zeichnen sich die Rückkühlquellen Erdreich, Aquifere oder Oberflächengewässer durch eine in der Regel geringere und stabilere Temperatur aus und eignen sich phasenweise auch für eine passive Kühlung, d.h. ohne eine zusätzliche Abkühlung durch Kältemaschinen. Der geringere Temperaturhub führt zu einer deutlich besseren Effizienz der Kältemaschinen (vgl. Kapitel 2) und damit einem niedrigeren Stromverbrauch und weniger Abwärme. Die Verfügbarkeit dieser Rückkühlquellen hängt jedoch von den örtlichen Bedingungen ab, und die Erschließung ist aufgrund des höheren technischen Aufwands oft erst ab größeren Kältelasten wirtschaftlich.

Wird mit Aquiferen oder dem Erdreich rückgekühlt, kann die sommerliche Abwärme zudem saisonal gespeichert und im Winter zum Heizen genutzt werden. Die Abkühlung der Quelle im winterlichen Heizbetrieb wiederum steigert die Effizienz der Kältemaschine im Sommer und erhöht das Potenzial der passiven Kühlung. So ist eine nachhaltige Wechselwirkung mit der Umwelt gegeben. Dagegen kann die in Oberflächengewässer eingebrachte Abwärme nicht weiter genutzt werden. Der Nutzung von Flüssen und Seen sind zudem gewässerökologische Grenzen (vgl. Exkurs Ökologische Restriktionen für Rückkühlung über Oberflächengewässer) gesetzt. Auch die Trinkwassergewinnung[3] stellt Anforderungen an maximale Wassertemperaturen.

Exkurs: Ökologische Restriktionen für Rückkühlung über Oberflächengewässer

Die deutschen Flüsse haben sich in den vergangenen Jahrzehnten durch den Klimawandel bereits deutlich um rund 3 K erwärmt. Teilweise verstärkt die Nutzung als Kühlwasser, z.B. für Heizkraftwerke oder Industrieanlage, die Erwärmung. Ein Temperaturanstieg reduziert die Sauerstoffsättigung des Wassers und wirkt sich nachteilig auf Fische und andere Wasserlebewesen aus (Seidel & Ostermann, 2024). Bei der Nutzung von Oberflächengewässern als Rückkühlquelle müssen daher ökologische Restriktionen für die Temperaturerhöhung und maximale Entnahme von Kühlwasser beachtet werden. Je größer das Gewässer, desto geringer ist die Auswirkung der Rückleitung des erwärmten Kühlwassers auf die Gesamttemperatur.

[3] Erhöhte Gewässertemperaturen regen das Keimwachstum an und können so die Rohwasserqualität mindern, vgl. Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und Oberflächengewässerverordnung (OGewV).

Kühlung ohne Kältemaschine: passive oder freie Kühlung

Passive Kühlung – auch freie Kühlung genannt – bezeichnet die Abgabe von Wärme an eine Rückkühlquelle, ohne aktive Kältemaschine. Je nach genutztem Medium kann zwischen freier Luftkühlung, Erdreichkühlung oder Aquakühlung (Grund- oder Oberflächenwasser) unterschieden werden. Die passive Kühlung ist eine sehr energiesparende Methode der Kühlung und funktioniert dann, wenn die Rückkühlquelle geringere Temperaturen als der Kaltwasserrücklauf aufweist. Ob sie genutzt werden kann, hängt somit stark von der Art des Wärmeübergabesystems sowie der Temperatur der Rückkühlquelle ab. Freie Luftkühlung kann nur genutzt werden, wenn die nächtlichen Temperaturen ausreichend abfallen. Vorteilhaft ist die Kombination von Bauteilaktivierung (Speicherung der Kälte im Gebäude) mit Erdreich- oder Aquakühlung.

1.3 Gebäudeindividuelle Kühlung

Den Regelfall der heutigen Praxis stellt die gebäudeindividuelle Kälteversorgung dar, bei der die benötigte Kälte im oder unmittelbar am Gebäude selbst erzeugt wird. Die Kälteerzeugung, -verteilung und Rückkühlung sind dabei funktional auf das jeweilige Gebäude zugeschnitten.

Die Auslegung gebäudeindividueller Kühlsysteme ist eng mit dem Gebäudetyp, dem Baualter sowie der Art der Wärmeaufnahme im Raum verknüpft. Historisch haben sich unterschiedliche Systemkonzepte etabliert:

- In älteren Nichtwohngebäuden dominieren luftbasierte Systeme der Raumluftkonditionierung mit sehr niedrigen Zuluft- und Kaltwassertemperaturen. Sie ermöglichen neben der Kühlung auch eine gezielte Entfeuchtung, sind jedoch aufgrund hoher Volumenströme und großer Temperaturhübe energetisch oft vergleichsweise ineffizient.
- Anschließend wurden zunehmend wassergeführte Übergabesysteme eingesetzt, bis in die 2000er Jahre überwiegend Gebläse- und Niederflurkonvektoren oder Umluftkühler. Diese erlauben eine flexiblere Anpassung an unterschiedliche Nutzungen und ermöglichen etwas höhere Systemtemperaturen als reine Luftsysteme.
- In Neubauten werden verstärkt Flächenkühlsysteme wie Kühldecken, gekühlte Fußböden oder thermisch aktivierte Bauteile eingesetzt. Sie arbeiten mit hohen Systemtemperaturen und weisen dadurch ein hohes Effizienzpotenzial auf, erfordern jedoch eine integrale Planung und sind weniger kurzfristig regelbar.

Die Kälteerzeugung erfolgt bei gebäudeindividuellen Systemen überwiegend durch Kompressionskältemaschinen mit Scroll-, Schrauben- oder Hubkolbenverdichtern. Die Anlagen befinden sich räumlich in Technikzentralen (Keller, Technikgeschosse), auf Dachflächen oder im unmittelbar angrenzenden Außenbereich. Unter begrenzten Platzverhältnissen in Innenstädten wird für die Trockenrückkühler zur Wärmeabgabe an die Außenluft regelmäßig ein Aufstellort auf dem Dach genutzt. Dies kann in Konkurrenz zu anderen Nutzungskonzepten stehen und darüber hinaus den Hitzeinseleffekt verstärken.

Eine Rückkühlung durch Oberflächengewässer wie Seen, Flüsse oder Grundwasser wird für die Kühlung einzelner Gebäude aufgrund des hohen Erschließungsaufwandes in der Regel nicht genutzt.

Die Auslegung gebäudeindividueller Kühlsysteme erfolgt in der Regel auf die maximale Kühllast einzelner Gebäude, die nur während kurzer Spitzenzeiten auftritt. Über weite Teile des Jahres arbeiten die Anlagen daher im Teillastbetrieb, in dem viele Kältemaschinen, besonders solche

mit Hubkolbenverdichtern, reduzierte Leistungszahlen aufweisen. Gleichzeitig führen zeitlich stark korrelierte Kühllasten innerhalb eines Gebäudes zu ausgeprägten Lastspitzen, die mangels weiterer Kälteverbraucher kaum geglättet werden können. Auch das Potenzial zur Lastverschiebung ist bei gebäudeindividueller Kühlung eingeschränkt. Zwar können Kältespeicher eingesetzt werden, deren Dimensionierung und Wirtschaftlichkeit können jedoch durch Platzverhältnisse, Investitionskosten und hohe Leistungsanforderungen limitiert sein.

1.4 Kältenetz

In einem klassischen Kältenetz wird in einer Kältezentrale Wasser gekühlt und dieses dann über ein erdverlegtes Leitungssystem in die Gebäude geführt. Um sowohl Kühlungs- als auch Klimatisierungsanwendungen zu gewährleisten, weist der Vorlauf typischerweise Temperaturen von 6 – 8 °C auf. Dieser nimmt im Wärmeübertrager einer Hausübergabestation Wärme von dem gebäudeseitigen Kühlkreislauf auf. Das so auf ca. 12 – 15 °C erwärmte Wasser strömt als Rücklauf zurück zur Kältezentrale. Aufgrund der geringen Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf benötigen Kältenetze im Vergleich zu Wärmenetzen größere Leitungsquerschnitte zum Transport der gleichen Leistung. Die Kälteleitungen werden typischerweise aus geschweißten Stahlrohren oder Kunststoffrohren (HDPE, Polyethylen mit hoher Dichte) hergestellt.

Eine Wärmedämmung der kälteren Vorlaufleitung ist meist sinnvoll, um den Wärmeeintrag aus dem umliegenden Erdreich zu verringern und ermöglicht so, insbesondere für kleine Rohrleitungen, bei Schwachlast geringere Volumenströme, was die Pumpenergie senkt. Zusätzlich wird Kondensation und damit Korrosion von Stahlrohren vermieden. Je nach mittlerer Erdreichtemperatur, kann es vorteilhaft sein, den Rücklauf ungedämmt zu verlegen, sodass dieser Wärme an das Erdreich abgibt (so beispielsweise in Chemnitz ausgeführt). Bei großen Rohrquerschnitten und hohen Kälteleistungen kann die Wärmedämmung mitunter verzichtbar sein (Oppelt, 2015).

Praxisbeispiel: Hamburg City Nord - Kältenetz mit Luftkühlung

Das Fernkältewerk in der City Nord in Hamburg gehört zu den ältesten und am längsten durchgängig betriebenen Fernkälteanlagen Deutschlands. Es wurde 1968 als erste öffentliche zentrale Fernkälteanlage der Bundesrepublik errichtet und versorgt seither nahezu alle klimatisierten Büro- und Gewerbegebäude in diesem innerstädtischen Quartier über ein unterirdisches Leitungsnetz von rund 12 Kilometern Länge. Die Kälteleistung des Netzes liegt bei etwa 38,5 MW. Der Transport des Kaltwassers erfolgt typischerweise mit Vorlauftemperaturen von ca. 6–8 °C und Rücklauftemperaturen um 12–15 °C.

Die zentrale Erzeugung der Kälte erfolgt in zwei miteinander verbundenen Halbwerken, in denen mehrere **Kältemaschinen** arbeiten. Über Jahrzehnte wurde die Anlage kontinuierlich **modernisiert**, zuletzt mit dem Austausch älterer Aggregate gegen energieeffizientere Maschinen.

Die Rückkühlung im Fernkältewerk Hamburg City Nord erfolgt **über Kühltürme**: Die überschüssige Wärme aus dem Prozesswasser wird **an die Umgebungsluft** abgegeben, indem das Kühlwasser über die auf dem Dach und neben dem Fernkältewerk installierten **Verdunstungskühler oder Trockenkühler** rückgekühlt wird. **Ventilatoren** unterstützen den Luftaustausch, sodass das erwärmte Kühlwasser kontinuierlich abgekühlt und dem Kälteprozess erneut zugeführt werden kann. **Freie Kühlung** kann insbesondere **in den Wintermonaten** im Kältenetz realisiert werden, wobei dann nur der Strombedarf für die Pumpen zum Transport des Wassers anfällt (Hamburger Energiewerke, 2022; Vattenfall, 2018b).

Einsatzgebiet und gebäudeindividuelle Vorteile

Kältenetze kommen überwiegend in Gebieten mit hoher Kältenachfrage und dichter Bebauung zum Einsatz. Typische Abnehmer sind Nichtwohngebäude wie Büro- und Verwaltungsgebäude, Einkaufszentren, Krankenhäuser, Hotels, Universitäten, Flughäfen, Rechenzentren oder größere Gewerbebetriebe, die kontinuierliche oder saisonal ausgeprägte Kühllasten aufweisen. Häufig befinden sich Kältenetze in innerstädtischen Lagen, in denen Flächen für gebäudeindividuelle Kälteanlagen begrenzt sind.

Zu den Vorteilen von Kältenetzen zählt, dass durch den Wegfall von Luft-Rückkühlern auf dem Dach sowie von Kälteanlagen im Unter- oder Erdgeschoss zusätzlicher Raum geschaffen wird, der als Nutzungsfläche erschlossen und wirtschaftlich vermietet werden kann. Stattdessen wird auf Gebäudeseite lediglich eine kompakte Hausübergabestation mit Wärmeübertrager benötigt, die weniger als 10 % der genannten Technikfläche beansprucht. Dies gilt verstärkt für Lagen mit hohem Flächenwert.

Darüber hinaus ergeben sich wesentliche betriebliche Vorteile. Der Anschluss an ein Kältenetz macht den Betrieb eigener Kälteerzeugungsanlagen einschließlich Rückkühlung, Regelung und Instandhaltung entbehrlich. Wartungsaufwand, Ersatzinvestitionen sowie der Bedarf an spezifischer Betriebskompetenz entfallen weitgehend und werden vom Netzbetreiber übernommen. Dies reduziert technische Risiken und vereinfacht das Gebäudemanagement. Gleichzeitig ermöglicht die professionelle zentrale Betriebsführung eine stabilere Einhaltung der gewünschten Betriebsparameter und zentrale Redundanz erhöht die Anlagenverfügbarkeit, wodurch Behaglichkeit und Versorgungssicherheit verbessert werden. Ferner werden Lärm- und Abwärmeemissionen durch dezentrale Rückkühler am Gebäude vermieden.

Auf der anderen Seite richtet sich in Kältenetzen die Vorlauftemperatur nach den höchsten Anforderungen im Netz, sodass einige Gebäude, bspw. mit Flächenkühlsystemen, ihre Effizienzvorteile bei einer gebäudeindividuellen Kälteerzeugung besser ausspielen. Das gleiche gilt für die Optimierung der Betriebsführungen angepasst auf spezielle Randbedingungen am Gebäude.

Gemeinsame Anlagentechnik und Rückkühlquellen

Ein zentrales Merkmal von Kältenetzen ist die Bündelung der Kälteerzeugung in einer oder – bei großen sowie historisch gewachsenen Netzen – mehreren Kältezentralen. Im Gegensatz zur gebäudeindividuellen Versorgung wird die Gesamtkältelast vieler Verbraucher zusammen gedeckt. Unterschiedliche Nutzungsprofile führen dabei tendenziell zu einer zeitlichen Entzerrung der Spitzenlasten, sodass die installierte Gesamtkälteleistung geringer ausfallen kann als die Summe der Einzelanlagen. Ferner können in den Kältezentralen unterschiedliche Erzeugungstechniken kombiniert und lastabhängig betrieben werden. Häufig werden mehrere Kälteerzeuger kaskadiert, um in günstigen Betriebspunkten Grundlast und Spitzenlast effizient abzudecken und Redundanzen bereitzustellen. Den Kern der Kälteerzeugung bilden in vielen Netzen große Kompressionskältemaschinen. Aufgrund der hohen Leistungsbereiche können hier effiziente Verdichtertechniken wie Schrauben- oder Turboverdichter zum Einsatz kommen, die im Vergleich zu kleineren dezentralen Maschinen höhere Leistungszahlen erreichen[4]. Ist eine Abwärmequelle vorhanden oder liegt sommerliche Überschusswärme eines Wärmenetzes vor, kommen thermisch angetriebene Sorptionskältemaschinen als Grundlasterzeuger zum Einsatz.

Zentrale Anlagen erleichtern das Erschließen effizienter Rückkühlquellen wie Flüsse und anderer Oberflächengewässer sowie Grundwasser. Auch das Erdreich kann als Wärmesenke

[4] Es ist zu beachten, das aktuell am Markt befindliche Anlagen mit Turboverdichter ausschließlich umweltkritische HFKW oder u-HFKW Kältemitteln verwenden.

genutzt werden. Dies geht gegenüber einer Luftkühlung mit höheren Fixkosten einher, mit steigender Anlagengröße zahlen sich die Effizienzvorteile aber zunehmend aus (vgl. Kapitel 2).

Darüber hinaus ergeben sich durch die Zentralisierung der Kälteerzeugung räumliche und stadtklimatische Vorteile. Der Wegfall zahlreicher dezentraler Rückkühler an Gebäuden reduziert lokale Abwärmeeinträge, Geräuschemissionen und visuelle Beeinträchtigungen im Stadtraum. Insbesondere in dicht bebauten Quartieren kann dies zur Minderung der urbanen Hitzeinselbildung beitragen und die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum verbessern.

Praxisbeispiel: Stadtwerke München - Kältenetze mit Grundwasserkühlung

Die Fernkälteversorgung in München umfasst ein mehr als 25 Kilometer langes Fernkältenetz sowie mehrere Grundwasserkältenetze mit 13 Kilometern Länge. Letztere speisen sich aus dem Grundwasser oder aus unterirdisch verlaufenden Gewässern. Die Erschließung des Grundwassers erfolgt über Brunnen oder Dükerbauwerke an U-Bahnhöfen. Je nach Anforderung der Abnehmer erfolgt eine direkte oder indirekte Kühlung. So wird am Fernkältenetz BMW-FIZ z.B. eine Grundwasserleistung von 238 Liter/s mit 8 Dükern und 4 Brunnen erbracht. Dieses Fernkältenetz hat eine Länge von 4,6 km mit einer thermischen Maximalleistung von 5 MW. Nach Angaben der Stadtwerke München liegt das Verhältnis von Energieaufwand zu Kälteleistung über alle Grundwassernetze bei unter 10 % (Reichl, & Krystallas, 2024).

Lastmanagement durch Kältespeicherung

In den Kältezentralen kommen oft Kältespeicher zum Einsatz, die Kälte über kurze Zeiträume von bis zu einigen Stunden vorhalten können. Diese Speicher ermöglichen eine zeitliche Entkopplung von Kälteerzeugung und -verbrauch. So kann Kälte bevorzugt in Zeiten niedriger Strompreise oder hoher erneuerbarer Stromerzeugung produziert und zwischengespeichert werden. Lastspitzen lassen sich abfedern, wodurch kleinere Erzeugungskapazitäten ausreichen, und der Betrieb der Kältemaschinen geglättet wird. Zusätzlich trägt das Leitungsnetz selbst durch seine thermische Masse zur kurzfristigen Lastpufferung bei.

Praxisbeispiel: Kältespeicher in Wien und Chemnitz

Das Fernkältenetz in Wien (siehe Kapitel 6) integriert in der 2025 neu in Betrieb genommenen Kältezentrale in der Mariannengasse erstmals einen Eisspeicher. Im isolierten Speicher kann Wasser mithilfe zahlreicher soledurchströmter Rohrschlangen und der vorhandenen Kältemaschinen zu einem großen Eisblock gefroren werden. Die Vereisung erfolgt dabei bevorzugt bei geringer Kältenachfrage im Netz (Schwachlast), unter günstigen Rückkühlbedingungen (kühle Temperaturen der Umweltquellen) oder strompreisoptimiert. In Zeiten hoher Last wird die Kälte wieder an das Netz abgegeben. So lassen sich insbesondere im Sommer Verbrauchsspitzen tagsüber (11 bis 16 Uhr) abdecken und die Kältemaschinen gleichmäßiger betreiben. Mit Außenmaßen des Speichers von 10 m x 4 m x 3 m und einer Kapazität von 6 MWh wird der Betrieb der Fernkältezentrale (18 MW Gesamtleistung) flexibler und ressourceneffizienter (Medizinische Universität Wien, 2025).

Im Kältenetz Chemnitz (5 km Länge, 30 Gebäude) wird bereits seit 2007 ein 3500 m³ großer Kaltwasserspeicher mit 33 MWh Speicherkapazität und bis zu 5 MW Entladeleistung als Kurzzeitkältespeicher betrieben (Urbaneck, 2012).

Vorteile der zentralen Kälteerzeugung in Kältenetzen

- Geringere Gesamtkälteleistung bei sich ausgleichenden Lastprofilen mehrerer Abnehmer
- Effizientere Turboverdichter in größeren Kompressionskältemaschinen
- Einsatz abgestimmter Kälteerzeuger für flexible Kaskadierung von Grund- und Spitzenlast
- Gemeinsame Erschließung der Kälte aus Flüssen, Seen oder Grundwasser für eine effiziente wirtschaftliche Kälteerzeugung
- Gemeinsame Nutzung großer Abwärmequellen für Ab- und Adsorptionskältemaschinen
- Reduktion dezentraler Rückkühler sowie lokaler Abwärmeeinträge mit positiver Wirkung auf Lärm, Mikroklima (urbane Hitzeinselbildung) und das Stadtbild.
- Zentrales Lastmanagement, ggf. mit Kältespeicher und Netz als zusätzlicher thermischer Speicher
- Stark reduzierter Flächenbedarf für die Kälteversorgung in den Gebäuden durch Wegfall der Kälteerzeugungstechnik
- Geringerer Wartungsaufwand durch wenige zentrale Geräte statt vieler Einzelanlagen

1.5 Kalte Nahwärme

Kalte Nahwärme, auch als Wärmenetze der 5. Generation bezeichnet (Boesten et al., 2019; Buffa et al., 2019; Wirtz et al., 2022), ist ein integriertes Wärme- und Kühlsystem, das mit niedrigen Netztemperaturen arbeitet, typischerweise zwischen -5 °C und 25 °C. Als Medium wird mit Frostschutzmittel (bspw. Glykol) versetztes Wasser genutzt. Anders als klassische Wärmenetze liefert das Medium die Wärme nicht auf Nutztemperaturniveau, sondern auf dem Temperaturniveau der Wärmequellen. Dezentral in den Gebäuden verbaute Sole-Wasser-Wärmepumpen erhöhen die Energie auf das für Raumheizung und Trinkwarmwasser erforderliche Temperaturniveau. Gleichzeitig ermöglicht das niedrige Temperaturniveau die Nutzung zur Gebäudekühlung im Sommer. Dann dient das kalte Nahwärmenetz zur passiven Kühlung oder als Wärmesenke für die Kühlung mit reversibel arbeitenden Wärmepumpen. Da die Wärmeerzeugung vollständig dezentral in den Gebäuden erfolgt, entstehen im Vergleich zu zentralisierten Wärmenetzen höhere gebäudeseitige Investitionskosten. Vergleichende Analysen zeigen, dass dieser Nachteil die Kosteneinsparungen durch ungedämmte und einfachere Leitungen in Gebieten mit hoher Wärmedichte und geringem Kühlbedarf überwiegen kann (Gudmundsson et al., 2021; Lund et al., 2021).

Kalte Nahwärmenetze erschließen Umweltwärme, die konventionelle Netze mitunter nicht nutzen können. Sie sind in Neubauquartieren mit moderater Wärmedichte bereits etabliert und werden zunehmend auch zur Dekarbonisierung von Bestandsgebieten geplant und realisiert. Durch die gebäudeindividuellen Wärmepumpen kann das genutzte Temperaturniveau je Gebäude variieren. Auch ob aktuell ein Heiz- oder Kühlbetrieb notwendig ist, kann für jedes Gebäude einzeln entschieden werden. So können Gebäude mit geringeren Vorlauftemperaturanforderungen individuell mit höherer Wärmepumpeneffizienz betrieben werden (Giel, 2021) – wohingegen die Vorlauftemperatur in einem klassischen „warmen“ Wärmenetz den Bedarf des Gebäudes mit der höchsten Temperaturanforderung erfüllen muss. Insbesondere bei einem inhomogenen Gebäudebestand mit stark variierenden Anforderungen an die Vorlauftemperatur hat die kalte Nahwärme somit Vorteile, während homogene

Temperaturanforderungen – durch Gleichzeitigkeit und Skaleneffekte – in der Regel effizienter zentral erzeugt werden können (Gudmundsson et al., 2021).

Wärmequellen

Die gängigste Wärmequelle von kalten Nahwärmenetzen ist das Erdreich. Gegenüber dezentralen Luft-Wärmepumpen liegt damit eine im Mittel wesentlich höhere und stabilere Wärmequellentemperatur vor. Weiterhin werden mitunter Oberflächengewässer oder Abwärme durch kalte Nahwärme als effiziente Wärmequellen erschlossen.

Zur Nutzung des Erdreichs kommen entweder Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren zum Einsatz. Erdwärmesonden sind tiefe Bohrungen von bis zu circa 200 m im Erdreich, in denen eine mit Beton hinterfüllte Doppel-U-Sonde (in zwei Schlaufen geführtes PE-Rohr) eingebracht wird. In der bisher etablierten Umsetzung werden mehrere Erdwärmesonden zu einem Feld zusammengeschlossen, wobei für große Netze oft mehrere Sondenfelder vorteilhaft sind. In neueren kalten Nahwärmenetzen (bspw. ErdwärmeDich e.V. in Bremen) werden die Erdwärmesonden entlang der Netztrassen abgetäuft, etwa in Straßenbereichen, sodass keine zusätzlichen Flächen benötigt werden. Dies ist insbesondere in Bestandsquartieren vorteilhaft. Im Rahmen des Netzausbaus können Erdwärmesonden stufenweise zugebaut werden, was Anfangsinvestment und Projektrisiko senkt.

Alternativ kommen Erdwärmekollektoren zum Einsatz. Diese bestehen aus flächigen in circa 1 m Tiefe verlegten Rohrschlangen. Für eine bessere Flächenausnutzung werden mitunter weitere Schichten in 2 bis 3 m Tiefe verlegt. Die Installation an der Oberfläche macht die Verlegung von Erdwärmekollektoren einfacher und kostengünstiger als Erdwärmesonden, führt jedoch zu einem wesentlich größeren Flächenbedarf. Zur Wärmequelle selbst kommen die Wärmegewinne der Netzleitungen hinzu. Diese werden ungedämmt verlegt (siehe nächster Abschnitt) und tragen so mit bis zu einem Viertel der erschlossenen Umweltenergie maßgeblich zur Bereitstellung der Umweltwärme bei. Im Gegensatz dazu verlieren klassische Wärmenetze Wärme an das Erdreich.

Agile Netzerweiterung

Kalte Nahwärmenetze werden typischerweise mit ungedämmten PE-Rohren gebaut. Diese benötigen gegenüber klassischen Wärmenetzen einen schmaleren Graben und sind durch Vorfertigung großer Segmente außerhalb des Grabens einfacher und schneller zu verlegen, was sich in geringeren Kosten niederschlägt. Da dezentrale Wärmepumpen das Quellenmedium nur um etwa 10 K abkühlen, ist die nutzbare Temperaturspreizung im Netz gegenüber einem Niedertemperaturwärmenetz (ca. 30 K Spreizung) deutlich geringer. Um bei gleichem Druckverlust dieselbe Wärmemenge zu transportieren, wird daher ein etwa 50 % größerer Rohrdurchmesser benötigt.

Die Planung als vermaschtes Ringnetz erlaubt eine einfache Erweiterung bei Neubauabschnitten oder Sanierungen, ermöglicht eine flexible, schrittweise Erschließung des Quartiers (mit sukzessivem Zubau von Wärmequellen) und resultiert in einer hohen Ausfallsicherheit. Hydraulisch können die Netze entweder, wie klassischer Wärmenetze, mit einer zentralen Umwälzpumpe und Regelung betrieben werden. Oder sie werden als passive, gerichtete Systeme ausgelegt: Das Medium fließt in eine definierte Richtung, während die Umwälzpumpen der dezentralen Wärmepumpen in den Gebäuden die Zirkulation übernehmen. Dadurch sind zentrale Pumpen und Regelungen nicht erforderlich, was den Betrieb – insbesondere in kleineren Netzen – einfacher und robuster macht. Im Fall einer überwiegenden sommerlichen Kühlung führt dies dazu, dass der Rücklauf wärmer als der Vorlauf ist.

Kalte Nahwärme zur Kühlung

Temperaturstabile Umweltwärmequellen wie das Erdreich, Grundwasser oder Sondenfelder können im Sommer als passive Wärmesenke genutzt werden. Über die Heizperiode wird das Erdreich durch den Betrieb der Wärmepumpen zunehmend abgekühlt, wodurch im Frühjahr und Frühsommer sehr gute Rückkühlbedingungen im Netz entstehen. Flächenkühlsysteme können das Netz direkt zur passiven Kühlung nutzen. Alternativ wird je nach Vorlauftemperatur die Kühlung über reversible Wärmepumpen realisiert, wobei die erzeugte Abwärme wieder in das Netz eingespeist wird.

Durch die Kühlung wird die winterliche Belastung des Erdreichs ganz oder teilweise ausgeglichen und dessen natürliche Regeneration beschleunigt. Abhängig vom Kältebedarf der angeschlossenen Gebäude können die Wärmequellen (Erdsonden/Erdkollektoren) somit bereits in der Netzplanung kleiner dimensioniert werden, da die zusätzliche Wärme während der Kühlphase die Gesamtbilanz des Erdreichs verbessert.

Bei vorhandenem Wärme- und Kältebedarf gelingt mittels kalter Nahwärme deshalb sowohl die gemeinsame Errichtung und Nutzung von Infrastruktur als auch eine Steigerung von Effizienz und Wirtschaftlichkeit durch saisonale und kurzzeitige Synergien von Wärme und Kälte.

Praxisbeispiel: Kaltes Nahwärmenetz Bad Nauheim – Wärme und Kühlung

Im Neubaugebiet Bad Nauheim Süd (siehe Kapitel 6) versorgen die Stadtwerke Bad Nauheim rund 400 Wohneinheiten bzw. 125 Gebäude mit klimaneutraler Wärme und optionaler Kühlung über ein kaltes Nahwärmenetz. Dieses nutzt oberflächennahe Geothermie: ein zweilagiger, etwa 22 000 m² großer Erdwärmekollektor wurde in 1,5 m und 3 m Tiefe unter einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von 11 200 m² installiert und über ein gut 13 km langes Rohrnetz an die Gebäude angebunden. Im kalten Nahwärmenetz werden 250 000 Liter Sole-Glykol-Gemisch über zentrale Netzpumpen transportiert, die mit einer Spitzenleistung von 11 kW arbeiten. Die Steuerung und Überwachung erfolgt über eine zentrale Energiezentrale. In den Gebäuden befinden sich dezentrale Wärmepumpen, die sowohl Warmwasser als auch Raumheizung über Flächenheizung bereitstellen.

Die Soletemperatur im Vorlauf beträgt hier etwa 10 °C, die mit den dezentralen Wärmepumpen auf die Temperaturen für Warmwasser- und Raumwärmeversorgung gehoben werden.

Kühlung und Regeneration

Das Nahwärmenetz wird auch zur Kühlung der Gebäude im Sommer genutzt. Die Kühlung erfolgt dabei als freie Kühlung, ohne dass die Kompressoren der Wärmepumpe arbeiten müssen. Durch die sommerliche Kühlung der Gebäude wird dem Erdreich wieder Wärme zugeführt und die natürliche Regeneration des Bodens über die solare Einstrahlung auf die Fläche im Sommer unterstützt.

Abrechnungsmodell

Die Stadtwerke bieten ein Contracting-Modell an, in dem sie die Wartung und Unterhaltskosten übernehmen, sodass für die Kunden keine zusätzlichen Kosten anfallen. Auf eine Grundgebühr und einen Preis für die Kälteversorgung wurde ebenfalls verzichtet; die Kunden zahlen nur einen einmaligen Anschlusspreis und danach den Wärmepreis für die von den dezentralen Wärmepumpen erzeugte Wärme. Dafür verbleiben die dezentralen Wärmepumpen im Besitz der Stadtwerke.

Kalte Nahwärme in Neubau und Bestand

Kalte Nahwärmenetze werden oft in Neubaugebieten eingesetzt (siehe obiges Praxisbeispiel), weil dort die Umsetzung einfacher im Rahmen der ohnehin anfallenden Straßenbauarbeiten gut eingeplant werden kann. Auch die im Neubau übliche Flächenheizung passt besonders gut zur Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen und ermöglichen die freie Kühlung über das Nahwärmnetz.

Aber auch in Bestandsquartieren lassen sich kalte Nahwärmnetze zur Wärme- und Kälteversorgung nutzen, wie das Praxisbeispiel der Innsbrucker Innenstadt zeigt (Exkursbox unten und Kapitel 6). Der Effizienzvorteil von kalten Nahwärmenetzen ggü. Luft-Wärmepumpen durch die höheren Temperaturen der Wärmequelle im Winter ist im Bestand aufgrund der häufig erforderlichen höheren Vorlauftemperaturen besonders relevant (Günther et al., 2025; Li et al., 2023).

Praxisbeispiel: Kalte Nahwärme aus Grundwasser im Bestandsquartier - Innsbruck

Die Innsbrucker Kommunalbetriebe haben in der Stadt ein kaltes Nahwärmenetz errichtet (siehe Kapitel 6), welches mit Grundwasser gespeist ist. Um auf das Grundwasser zuzugreifen wurden ca. 20-50 Meter tiefe Förder- und Schluckbrunnen gebohrt, in denen das Wasser gefördert und dann wieder in den Grundwasserhaushalt zurückgeführt wird. Zwischen den zwei Brunnen läuft jeweils das Grundwasser durch das Netz und seine thermische Energie wird mit Wärmetauschern an das Wassersystem der angeschlossenen Gebäude übertragen.

Die Wärmeversorgung erfolgt über dezentrale Wärmepumpen, die Kälteversorgung durch freie Kühlung und gebäudeabhängig auch durch aktive Kühlung der Wärmepumpen. Aus dem Grundwasser können 5-6 kWh Heiz- und Kühlenergie pro m³ Grundwasser gewonnen werden. Das Grundwassernetz liefert damit eine Heiz- und Kühlleistung von 3 MW.

Die Vorlauftemperaturen des Grundwassernetzes betragen 10-14 °C. Für den Rücklauf gibt es eine maximal zulässige Obergrenze von 20 °C, was insbesondere die Auslegung der Kühlung der angeschlossen Nichtwohngebäude beeinflusst.

2 Kälteversorgung im Vergleich: Energiebedarf, Emissionen und Kosten

Leitungsgebundene Kälteversorgung erfordert einen höheren Aufwand für Planung, Bau und Infrastruktur als gebäudeindividuelle Kälteanlagen. Gleichzeitig kann sie im Betrieb deutlich energieeffizienter sein.

Für Kommunen und Betreiber stellt sich daher die Frage, unter welchen Bedingungen diese Einsparungen den zusätzlichen Energie- und Materialaufwand rechtfertigen.

Dieses Kapitel ordnet relevante Systeme der Kälteversorgung hinsichtlich Energiebedarf, Treibhausgasemissionen, Materialeinsatz und Stromlast ein.

Dafür werden vier grundsätzliche Systeme der Kälteversorgung betrachtet, die in der kommunalen Praxis relevant sind.

- gebäudeindividuelle Kühlung mit einzelnen luftgekühlten Kältemaschinen
- Kältenetz mit zentraler Kälteerzeugung und luftgekühlten Kältemaschinen (Luftkühlung)
- Kältenetz mit zentraler Kälteerzeugung und flusswassergekühlten Kältemaschinen (Flusskühlung)
- Kaltes Nahwärmenetz mit Erdsondenfeld und gebäudeseitigen Wärmepumpen zur Wärme- und Kältebereitstellung

Die nachfolgenden Ergebnisse basieren auf einem exemplarischen Fallbeispiel aus dem zugehörigen Forschungsvorhaben (Popovski et al., 2026). Ausgegangen wird von einem Gebiet mit gemischter Nutzung und einem Kältebedarf von 8 GWh/a. Detaillierte Annahmen sind im Abschlussbericht dokumentiert.

2.1 Energiebedarf aus Betrieb, Herstellung und Errichtung

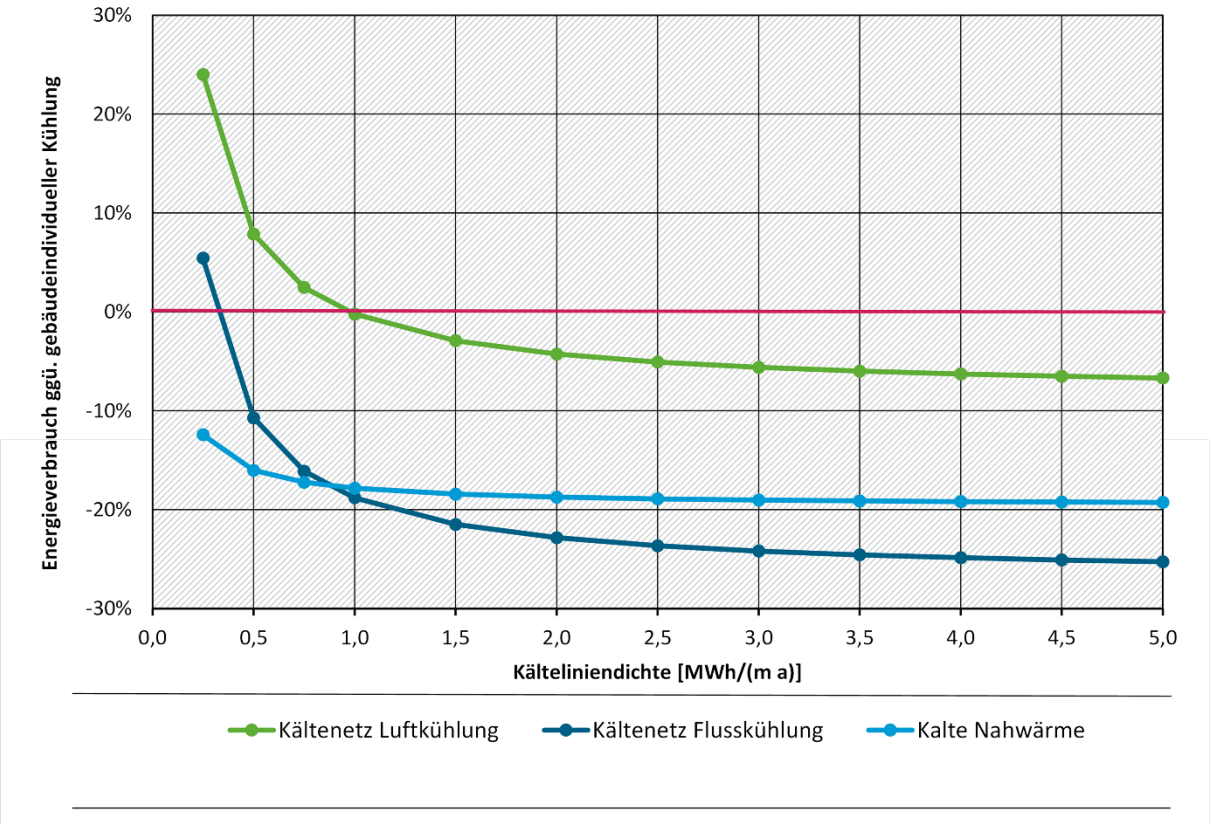
Die energetische Bewertung von Kälteversorgungssystemen allein anhand des Betriebsstromverbrauchs greift zu kurz. Insbesondere bei leitungsgebundenen Systemen sind auch der Energie- und Materialaufwand für Herstellung, Bau, Erneuerung und Entsorgung der Infrastruktur zu berücksichtigen. Dies erfolgt über eine Lebenszyklusanalyse, die diese Aspekte über einen längeren Betrachtungszeitraum systematisch auswertet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Netzinfrastruktur deutlich langlebiger ist als Kälteerzeugungsanlagen.

Bei kalten Nahwärmenetzen stellt die Kühlung einen Zusatznutzen einer primär wärmeorientierten Infrastruktur dar. Der Energie- und Materialaufwand wird daher in der Lebenszyklusanalyse nur anteilig der Kältebereitstellung zugerechnet.

Energieeinsparungen durch Kältenetze abhängig von Kälteliniendichte und Kälteerzeugung

Wie viel Energie sich über den gesamten Lebenszyklus der Systeme durch ein Kältenetz gegenüber einer dezentralen Kälteversorgung einsparen lässt, hängt stark von der Art der Kälteerzeugung und dem Kälteverbrauch pro Trassenlänge (Kälteliniendichte) ab, wie die Ergebnisse in Abbildung 1 zeigen. Die Abbildung stellt die Energieeinsparung der klassischen Kältenetze – in den Varianten mit Kältemaschinen mit Luft- und Flusskühlung - und des kalten Nahwärmenetzes gegenüber der gebäudeindividuellen Kühlung im Fallbeispiel dar.

Abbildung 1: Energieeinsparung durch Kältenetze gegenüber einer dezentralen Gebäudekühlung für das Fallbeispiel



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Kältenetz mit flussgekühlter Kältemaschine bringt höchste Energieeinsparungen

Ab einer Kälteliniendichte von jährlich 0,5 MWh/m ist das Kältenetz mit flusswassergekühlten Kältemaschinen im Fallbeispiel energetisch deutlich vorteilhaft gegenüber der gebäudeindividuellen Kältemaschine mit Luftkühlung.

Kältenetz mit luftgekühlter Kältemaschine nur bei hohen Verbrauchsdichten leicht vorteilhaft

Das Kältenetz mit zentralen luftgekühlten Kältemaschinen erzielt im Fallbeispiel gegenüber der gebäudeindividuellen Kühlung nur bei hohen Kälteliniendichten ab 1 MWh/m geringe energetische Vorteile, da der zusätzliche Infrastrukturaufwand den Effizienzgewinn der größeren Kältemaschinen bei niedrigen Verbrauchsdichten überwiegt.

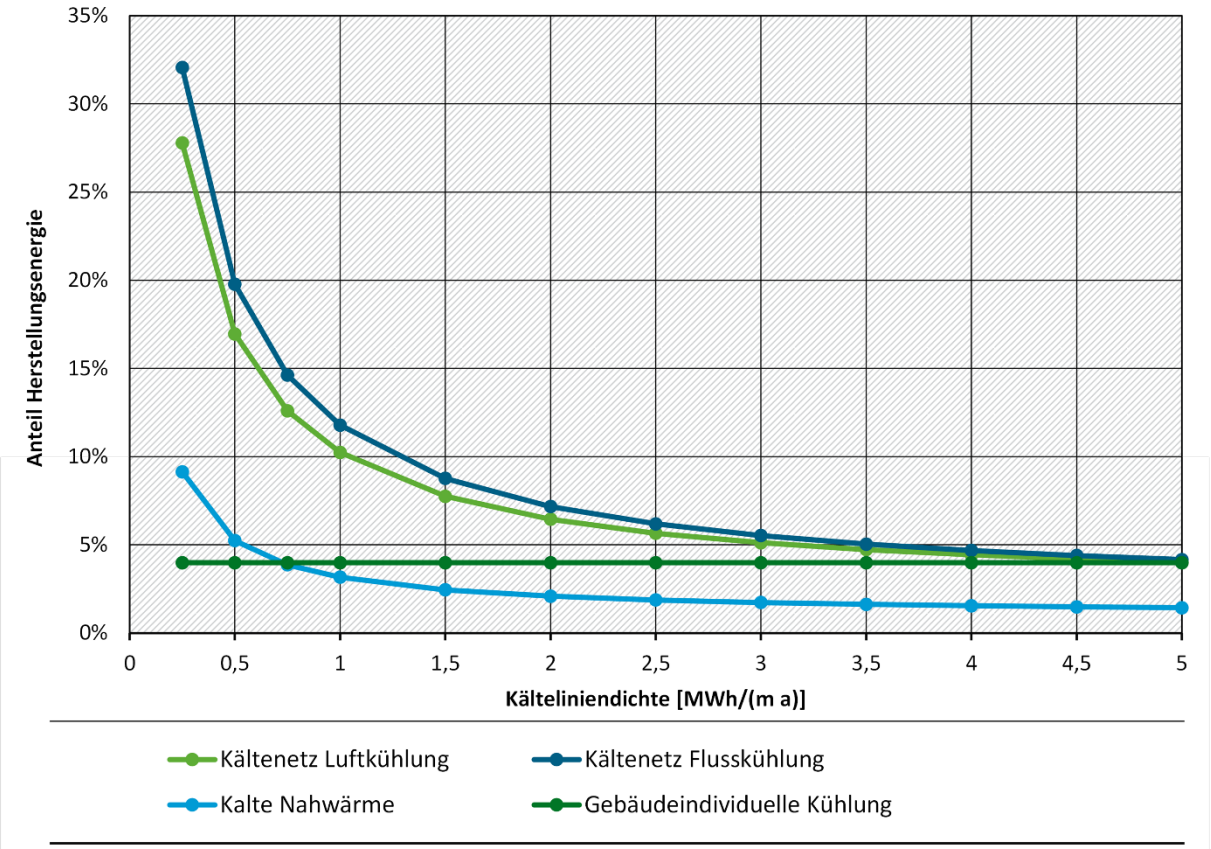
Kalte Nahwärme: höchstes Energiesparpotenzial bei niedriger Verbrauchsdichte

Das kalte Nahwärmenetz weist energetische Vorteile bereits bei niedrigen Kälteliniendichten auf, da die Kühlung als Zusatznutzen einer primär wärmeorientierten Infrastruktur erfolgt. Kalte Nahwärmenetze eignen sich insbesondere für durchmischte Quartiere mit gleichzeitigen Wärme- und Kältebedarfen (siehe Abschnitt 1.5).

Einfluss der Herstellungsenergie auf maximale Energieeinsparung

Mit steigender Kälteliniendichte nimmt der relative Einfluss des Energieaufwands für Herstellung und Bau der Infrastruktur ab. Bei sehr hohen Verbrauchsdichten wird der Gesamtenergieverbrauch zunehmend von der Herstellung und dem Betrieb der Kälteerzeugungsanlagen bestimmt (Abbildung 2).

Abbildung 2: Energieanteil der Herstellung im Fallbeispiel



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Einordnung für die kommunale Praxis

- Leitungsgebundene Kälteversorgung ist standortabhängig zu prüfen. Ihr energetischer Vorteil hängt wesentlich davon ab, ob ausreichend dichte und langfristig stabile Kältebedarfe vorliegen und welche Umweltquellen für die Kälteerzeugung genutzt werden können.
- Die gemeinsame Erschließung von effizient nutzbaren Rückkühlquellen, wie Erdreich, Grund- oder Oberflächengewässern, führt zu höheren Energieeinsparungen durch Kältenetze.
- Eine erste energetische Einschätzung kann anhand weniger Leitfragen erfolgen: Wie hoch ist die erwartete Kälteliniendichte? Welche Art der Kälteerzeugung ist möglich? Lässt sich ein kaltes Nahwärmenetz nutzen?

2.2 Reduktion von Treibhausgasemissionen und Materialaufwand durch Kältenetze

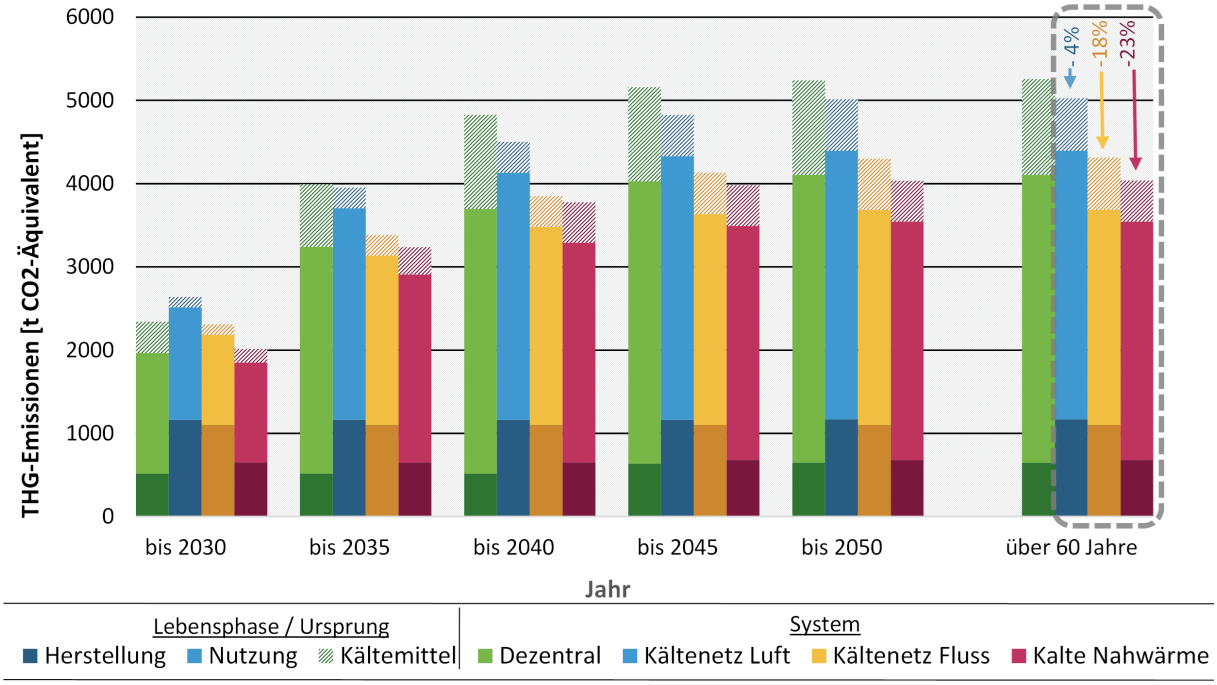
Ein geringerer Stromverbrauch in der Gebäudekühlung reduziert die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen), solange die Stromerzeugung noch nicht vollständig auf erneuerbaren Energien basiert. Aber auch die Herstellung der Anlagen – und bei Kältenetzen der Bau der Infrastruktur – sowie der Verlust von als Kältemittel eingesetzten teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) verursachen THG-Emissionen. Letztere bergen teilweise durch ihren Zerfall zu Trifluoressigsäure (TFA), einer wasserlöslichen, sehr mobilen und persistenten Verbindung, eine weitere Umwelt- und auch Gesundheitsproblematik.

Wie setzt sich die Treibhausgasbilanz über die Lebensdauer zusammen?

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. vergleicht die über einen Zeitraum von 60 Jahren insgesamt anfallenden THG-Emissionen für die vier untersuchten Systeme des Fallbeispiels bei einer Kälteliniendichte von 1,6 MWh/m*a (Inbetriebnahme im Jahr 2025). Dabei fallen vor allem die nächsten 20 Jahre ins Gewicht: zu Beginn ist der Anteil der Emissionen durch die Errichtung der Anlagen und den Netzbau (dunklere Farben) relativ hoch. Bis 2045 steigt dann der Anteil der durch den Stromverbrauch im Betrieb verursachten THG-Emissionen (helle Farben). Wenn die Stromproduktion künftig komplett auf erneuerbare Energien umgestellt ist, ergeben sich in den Folgejahren keine weiteren Emissionen durch den Betriebsstrom. Hinzu kommen Emissionen durch Kältemittel mit Treibhauspotenzial (gestreifte Flächen). Auch diese Emissionen sollten nach 2050 nicht weiter ansteigen, da bei Ersatz von Kältemaschinen in der Zukunft nur noch natürliche oder HFKW-Kältemittel mit sehr geringen Treibhauspotenzialen zum Einsatz kommen dürfen.

Über den gesamten Betrachtungszeitraum ergeben sich im Fallbeispiel deutlich weniger THG-Emissionen beim flussgekühlten Kältenetz (-18 %) und dem kalten Nahwärmenetz (-23 %) im Vergleich zur gebäudeindividuellen Kühlung. Das luftgekühlte Kältenetz spart hingegen kaum Treibhausgase (-4 %) ein. Eine Parametervariation in Popovski et al. (2026) zeigt, dass sich, ähnlich der Abhängigkeit der Energieeinsparung (siehe Abbildung 1), die THG-Einsparungen der Kältenetze bei höheren Kälteliniendichten noch etwas erhöhen. Bei sehr niedrigen Kälteliniendichten ergeben sich hingegen nur für die kalte Nahwärme THG-Einsparungen gegenüber der dezentralen Kälteversorgung.

Abbildung 3 Kumulierte Treibhausgasemissionen der Kälteversorgungsysteme im Vergleich über 60 Jahre (Inbetriebnahme 2025).



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Bei einer späteren Inbetriebnahme eine Kältenetzes – z. B. im Jahr 2035 – hängen die erreichbaren THG-Einsparungen von verschiedenen Faktoren ab:

- Wie weit ist die Dekarbonisierung der Stromerzeugung bereits vorangeschritten?
- Welche THG-Emissionen fallen für die Herstellung von Kältemaschinen noch an?
- Wie haben sich die anfallenden THG-Emissionen im Tiefbau entwickelt?
- Kann das Kältenetz zusammen mit einem Wärmenetz gebaut werden?

Wenn ein Wärmenetz ohnehin gebaut wird – und die Kälteleitungen dabei mitverlegt werden können – fallen für den Bau des Kältenetzes nur geringe zusätzliche Treibhausgasemissionen an. Relevant für die Emissionen ist auch, wo das Kältenetz verlegt wird. Bei Freiflächen – wo kein Straßenbelag wieder hergestellt werden muss – fallen nur gut die Hälfte der Emissionen an[5].

Materialaufwand und Gesamtprimärenergie rücken zukünftig in den Fokus

Mit weiter sinkenden THG-Emissionen rücken der Materialeinsatz und der Gesamtprimärenergieaufwand[6] stärker in den Fokus der ökologischen Bewertung.

Der Vergleich der im Fallbeispiel eingesetzten Hauptwerkstoffe[7] (dargestellt in Abbildung 4) zeigt, dass Kältenetze zwar einen höheren Bedarf an Stahl für die Leitungsinfrastruktur aufweisen, gleichzeitig jedoch deutlich geringere Mengen an anderen Materialien wie Kupfer, Aluminium, Messing oder Edelstahl benötigen. Bei der dezentralen Gebäudekühlung führen die Vielzahl einzelner Anlagen und ihre kürzere Lebensdauer zu einem höheren Materialaufwand sowie zu zusätzlichen Aufwendungen für Transport, Ersatz, Recycling und Entsorgung.

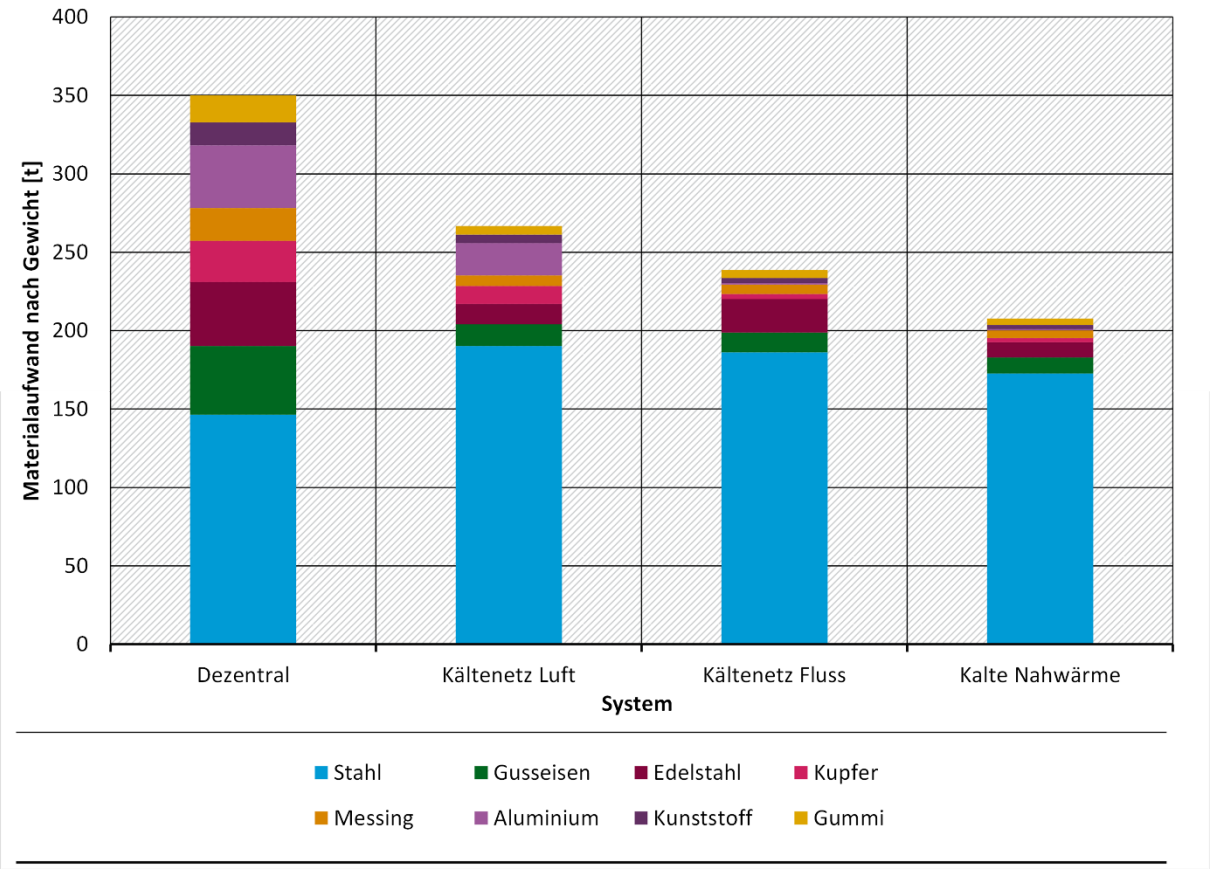
Der reduzierte Bedarf an energieintensiven Werkstoffen und die längeren Nutzungsdauern der Infrastruktur reduzieren den Ressourcenverbrauch und gewinnen mit zunehmender Dekarbonisierung des Energiesystems weiter an Bedeutung.

[5] Berechnung für den Bau von einem Kilometer Kälteleitung in (Popovski et al., 2026b). Die Verlegung einer Leitung mit einem Durchmesser von 22,5 cm unter einer Straße verursacht rund 110 t CO_2-Äquivalente.

[6] Definiert entsprechend Europäischer Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) als Summe der gesamten nicht-erneuerbaren Primärenergie sowie der gesamten erneuerbaren Primärenergie.

[7] Im Fallbeispiel wird ein Ökobilanzdatensatz für Erdwärmesonden aus Stahl genutzt, weshalb die kalte Nahwärme trotz Allokation auf Wärme und Kälte einen hohen Materialaufwand für Stahl aufweist.

Abbildung 4: Materialaufwand der Systeme im Vergleich



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Einordnung für die kommunale Praxis

- Heute errichtete gewässergekühlte Kältenetze mit einer ausreichenden Anschlussdichte und kalte Nahwärmenetze bieten über den Lebenszyklus deutliche Treibhausgasvorteile gegenüber gebäudeindividueller Kühlung.
- Luftgekühlte Kältenetze sind aus klimapolitischer Sicht nur bei ausreichend hohen Anschlussdichten vorteilhaft, und wenn eine Gewässerrückkühlung nicht möglich ist.
- Zukünftig verlagert sich die ökologische Bewertung von der Betriebsphase zunehmend auf Bau, Materialeinsatz und Primärenergieaufwand.
- Der gemeinsame Ausbau von Wärme- und Kälteinfrastruktur kann entscheidend zur Reduktion von Emissionen und Ressourcenverbrauch beitragen.

2.3 Reduktion der Stromlast durch Kältenetze

Ein hoher Strombedarf für die Gebäudekühlung tritt vor allem an heißen Sommertagen auf, wenn in der Regel auch hohe Erträge aus Photovoltaik (PV) verfügbar sind. Auf überregionaler Ebene stellen die durch Kühlung verursachten Spitzenlasten daher in der Regel kein Problem dar. Auf Ebene der Verteilnetze kann ein lokal stark ansteigender Kühlbedarf jedoch zu Netzengpässen und Spannungsschwankungen führen.

Der Vergleich der elektrischen Anschlussleistung und des jährlichen Strombedarfs von Kältenetzen mit einer gebäudeindividuellen Kühlung zeigt, dass leitungsgebundene Systeme

insbesondere die elektrischen Spitzenlasten deutlich reduzieren können. Im betrachteten Fallbeispiel verringert sich die erforderliche elektrische Nennleistung bei einem flussgekühlten Kältenetz um rund 70 Prozent gegenüber der dezentralen Kühlung. Auch die kalte Nahwärme und das luftgekühlte Kältenetz bewirken spürbare Entlastungen.

Tabelle 1 zeigt die Unterschiede in elektrischer Nennleistung und Strombedarf der untersuchten Systeme im Vergleich zur dezentralen Gebäudekühlung.

Tabelle 1: Nennstromlast und Strombedarf der Systeme im Vergleich

Genutztes Kühlsystem	El. Nennleistung [MW]	Verringerung ggü. gebäudeindividuell [%]	Strombedarf [MWh/a]	Verringerung ggü. gebäudeindividuell [%]
Gebäudeindividuell	3,87	0 %	1.286	0 %
Kältenetz Luft	2,28	-41 %	1.199	-7 %
Kältenetz Fluss	1,11	-71 %	825	-36 %
Kalte Nahwärme	1,60	-59 %	1.065	-17 %

Darüber hinaus bieten Kältenetze zusätzliche Möglichkeiten den Stromverbrauch zeitlich zu steuern (Demand-Side-Management). Das in den Leitungsnetzen enthaltene Wasser wirkt bereits als thermischer Speicher. Ergänzend lassen sich zentrale Kälte- oder Wärmespeicher in Kältenetzen vergleichsweise einfach integrieren und zentral regeln. Dadurch kann die Kälteerzeugung gezielt in Zeiten mit hoher Stromverfügbarkeit verlagert und das Verteilnetz entlastet werden.

Einordnung für die kommunale Praxis

- Kältenetze können lokale Stromspitzen deutlich reduzieren und zur Entlastung der Verteilnetze beitragen.
- Durch ihre Steuerbarkeit bieten Kältenetze gute Voraussetzungen für einen netzdienlichen Betrieb und die Integration von erneuerbarem Strom.

2.4 Wann sich Kältenetze rechnen: Kostenzusammensetzung und Einfluss der Liniendichte

Die Errichtung eines Kältenetzes verursacht zunächst höhere Investitionskosten als die gebäudeindividuelle Kühlung. Gleichzeitig profitieren Kältenetze von Skaleneffekten und einer geringeren Nennkälteleistung, wodurch die Ausgaben für die Anlagentechnik sinken. Damit ein Kältenetz wirtschaftlich konkurrenzfähige Kältegestehungskosten erzielt, müssen die höheren Investitionen durch Einsparungen im Betrieb sowie durch qualitative Vorteile für die Nutzer (vgl. Kapitel 1.4) ausgeglichen werden.

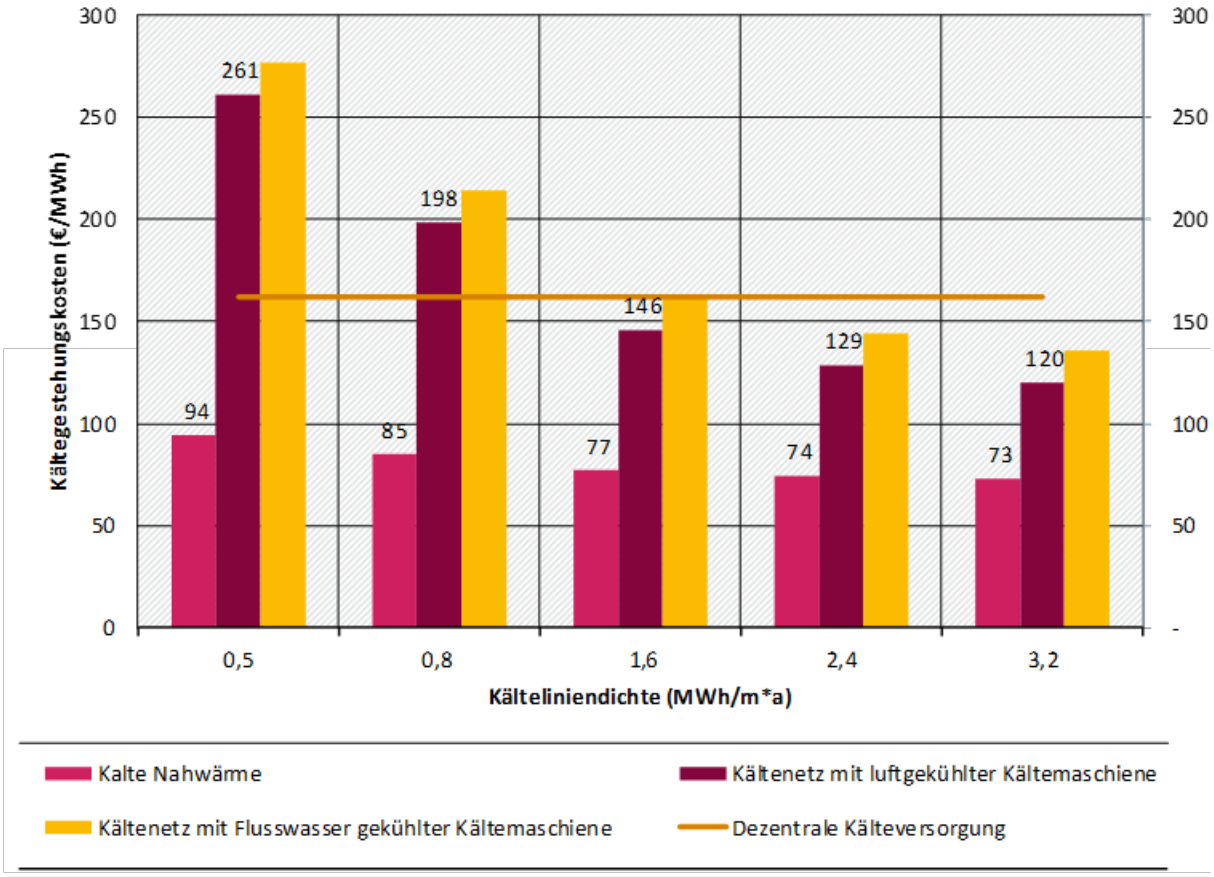
Deutlich wird, dass die Investitionen den größten Anteil an den Gesamtkosten ausmachen. Gleichzeitig führt die höhere Effizienz der zentralen Kälteerzeugung zu niedrigeren Betriebskosten gegenüber der gebäudeindividuellen Kühlung.

Welchen Einfluss hat die Kälteliniendichte?

Werden bei gleicher Leitungslänge mehr Gebäude angeschlossen beziehungsweise eine höhere Kältemenge geliefert, sinkt der Anteil der Investitionen an den Kältegestehungskosten. Abbildung 5 zeigt die Kältegestehungskosten (siehe Popovski et al. (2026)) für das betrachtete

Fallbeispiel im Vergleich zwischen sehr geringen (0,5 MWh/m) und hohen Liniendichten (3,2 MWh/m).

Abbildung 5: Einfluss der Kälteliniendichte auf die Kältegestehungskosten im Fallbeispiel.



Quelle: eigene Darstellung (IREES/ifeu)

Im betrachteten Fallbeispiel sind flussgekühlte Kältenetze ab 1,6 MWh/m*a wirtschaftlich konkurrenzfähig gegenüber der gebäudeindividuellen Kühlung. Für luftgekühlte Kältenetze können bereits etwas geringere Liniendichten ausreichen. Zu beachten ist, dass im Fallbeispiel nur ein kleines Kältenetz mit vergleichsweise niedriger Kälteleistung (10 MW) betrachtet wurde; mit zunehmender Netzgröße und Kälteleistung würden die Kältegestehungskosten aufgrund von Skaleneffekten weiter sinken. Insbesondere verschieben sich die spezifischen Investitionskosten bei höheren Kälteleistungen zu Gunsten der Gewässerkühlung.

Auch die Kälteleistung pro Netzlänge kann ein Anhaltspunkt für die mögliche Wirtschaftlichkeit sein. Viele realisierte Kältenetze weisen Kälteleistungen pro Trassenmeter im Bereich von 1 kW/m bis 3,2 kW/m auf (Popovski et al., 2026). Bei niedrigeren Liniendichten hängt die Realisierbarkeit stärker von den Bedürfnissen und individuellen Vorteilen für einzelne Ankerkunden und der damit verbundenen Kostengestaltung ab.

Die Kühlung mittels kalter Nahwärme ist auch bei wesentlich geringeren Liniendichten wirtschaftlich umsetzbar: durch die gemeinsame Nutzung der für die Wärmeversorgung vorhandenen Infrastruktur ist diese Art der Kühlung sehr günstig.

Einordnung für die kommunale Praxis

- Mit zunehmender Kälteliniendichte verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Kälteerzeugung mit Kältenetzen gegenüber gebäudeindividuellen Lösungen. Ab welcher Kälteliniendichte die Kältegestehungskosten des Kältenetzes günstiger sind, muss im Einzelfall geprüft werden.
- Je größer die gesamte Kälteleistung des Netzes ist, desto wahrscheinlich ist, dass sich die Investition in eine effiziente Gewässerrückkühlung – wenn die technischen und ökologischen Rahmenbedingungen diese erlauben – gegenüber einer Luftrückkühlung lohnt.
- Wenn ein kaltes Nahwärmenetz vorhanden ist, ist dessen Nutzung zur Kühlung nicht nur ökologisch, sondern auch aus Kostengründen deutlich sinnvoller als zusätzliche Anlagen zur Kühlung.

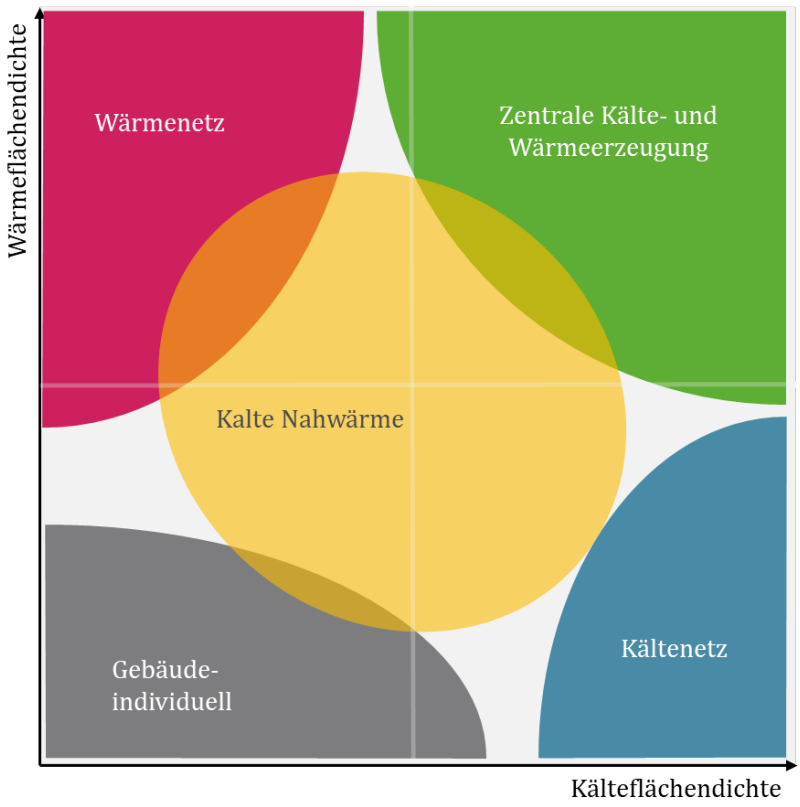
3 Vorteile integrierter Wärme- und Kälteversorgung

Die energetischen Vorteile von Kältenetzen bei hohen Kälteliniendichten sind gut belegt (siehe Kapitel 2). Für die Umsetzung eines Kältenetzes sind jedoch vor allem die resultierenden Kältegestehungskosten und damit die Wirtschaftlichkeit aus kommunaler und betrieblicher Sicht ausschlaggebend. Genau hier bietet die integrierte Planung von Wärme- und Kältenetzinfrastrukturen erhebliche Vorteile. Durch die gemeinsame Nutzung von Trassen, Übergabestationen und Erzeugungsstandorten lassen sich Investitionskosten senken. Gleichzeitig kann die bei der Kälteerzeugung anfallende Abwärme in Wärmenetze eingebunden werden, wodurch die Gesamteffizienz des Systems steigt und sowohl Energieverbrauch als auch laufende Betriebskosten reduziert werden. Für Kommunen und Netzbetreiber bietet es sich daher an, Wärme- und Kälteversorgung von Beginn an gemeinsam zu betrachten und entsprechende Synergien frühzeitig in der Planung zu berücksichtigen.

Wann passen Kälte und Wärme zusammen?

Welche Versorgungsoption mit Kälte und Wärme für die Gebäude eines Gebietes ökologisch und ökonomisch am sinnvollsten ist, hängt von vielen Faktoren ab. Dennoch lassen sich – wie qualitativ in Abbildung 6 dargestellt – anhand der Wärme- und Kältenachfrage klare Tendenzen ableiten: dort wo Wärme- oder Kältenachfrage pro Fläche hoch ist, bietet sich ein Wärme- oder Kältenetz an (pinker und blauer Bereich). Ist die Wärme- und Kältenachfrage in einem Gebiet hingegen nur gering, ist meist eine gebäudeindividuelle Versorgung sinnvoll (grauer Bereich). Wenn innerhalb eines Gebäudes gleichzeitig Wärme- und Kältebedarf besteht, kann eine Reduktion des Energieverbrauchs durch eine simultane Wärme- und Kälteerzeugung auch mit dezentralen Anlagen erreicht werden (siehe Exkurs im Abschnitt 3.3).

Abbildung 6: Einsatzgebiete der infrastrukturgebundenen und gebäudeindividuellen Wärme- und Kälteversorgung abhängig von der Wärme- und Kälteflächendichte.



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Ein Wärmenetz lohnt sich in der Regel schon bei geringeren Flächendichten als ein Kältenetz, da die Wärmenachfrage, anders als die Kältenachfrage, großflächig und potenziell für alle Gebäude des Gebiets vorliegt. Besteht in einem Gebiet sowohl eine hohe Wärme- als auch eine hohe Kältenachfrage (grüner Bereich), besteht ein großes Potenzial für eine infrastrukturgebundene, zentrale Wärme- und Kälteerzeugung. Je nach Randbedingungen können unterschiedliche Synergien zwischen Wärme- und Kälteerzeugung erschlossen werden. Die Möglichkeiten der Kälteintegration werden in den nachfolgenden Kapiteln 3.1, 3.2 und 3.3 genauer beschrieben. Dabei sind bei einer gemeinsamen Errichtung von Infrastruktur ebenso eine gemeinsame Nutzung und Erzeugung möglich.

Im Zwischenbereich mittlerer Wärme- und Kältenachfragedichte (gelber Bereich) liegt das Potenzial für kalte Nahwärmenetze. Diese können als gemeinsame Wärmequelle und Wärmesenke für eine effiziente gebäudeindividuelle Heizung und Kühlung dienen und stellen damit eine wichtige Variante der *gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur* (Kapitel 3.2) dar.

3.1 Gemeinsame Errichtung von Infrastruktur: Kosten und Ressourcen sparen

Die Errichtung der Infrastruktur von Wärme- und Kältenetzen ist mit hohen Planungsaufwänden und Investitionen verbunden. Wenn im Gebiet des geplanten Kältenetzes auch ein Wärmenetz neu- oder ausgebaut wird, ergibt sich durch den gemeinsamen Ausbau das Potenzial für erhebliche Kosteneinsparungen.

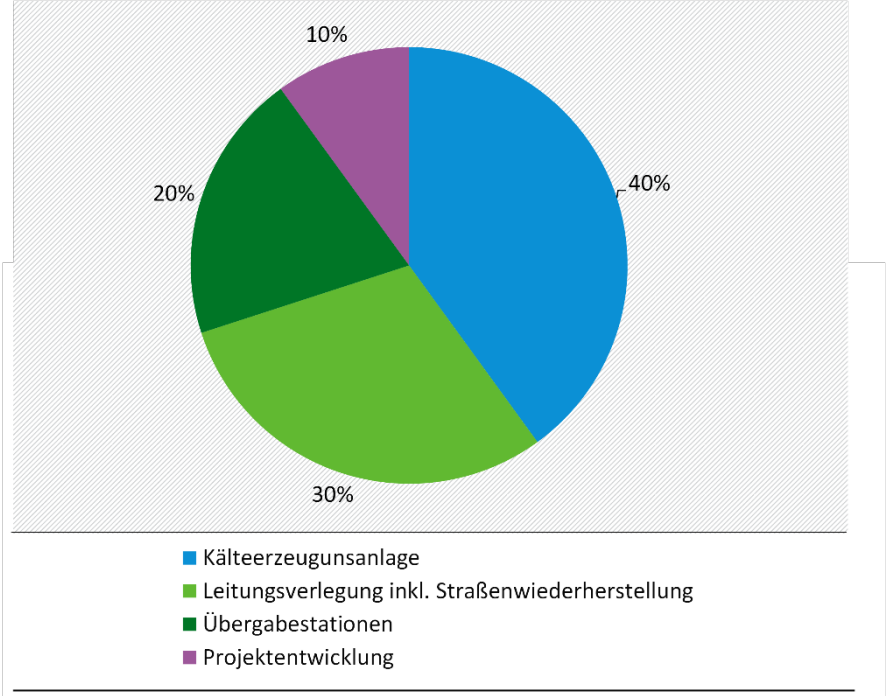
Eine Übereinanderverlegung (z. B. **Fernwärme über Fernkälte**) ist aus thermischer Sicht möglich: Trotz fehlender Isolierung bei PE-Leitungen ist nur ein minimaler Wärmeeintrag festzustellen (Krystallas 2018).

Abbildung 7 zeigt eine Schätzung der Verteilung der Kosten bei der Errichtung eines Kältenetzes, basierend auf Angaben die im Rahmen der RESCUE-Studie (Swedblom et al., 2015) erarbeitet wurden. Mit etwa 30 % entsprechen die Aufwände für die Verlegung der Kältenetzleitungen, inklusive der Wiederherstellung der Straßenoberfläche, einem erheblichen Anteil der Kosten für das Kältenetz.

Bei einer gemeinsamen Verlegung von Leitungen für Wärme- und Kältenetze muss die Straße nur einmal geöffnet und wiederhergestellt werden. Wenn ohnehin ein Wärmenetzausbau in einem Gebiet erfolgt, können die Verlegungskosten somit deutlich reduziert werden. Gegebenenfalls können darüber hinaus Heiz- und Kältezentralen sowie die Übergabestationen an den anzuschließenden Gebäuden gemeinsam errichtet werden.

Die gemeinsame Errichtung von Infrastruktur kann so das Kältenetz zu einer, gegenüber der dezentralen Versorgung, kompetitiven Lösung machen. Darüber hinaus ermöglicht die gemeinsame Errichtung von Wärme- und Kältenetz eine integrierte Planung des Straßenraums und somit eine technisch vorteilhafte Verlegung der Leitungen (siehe Exkurs *Gemeinsame Leitungsverlegung Wärme- und Kältenetz*).

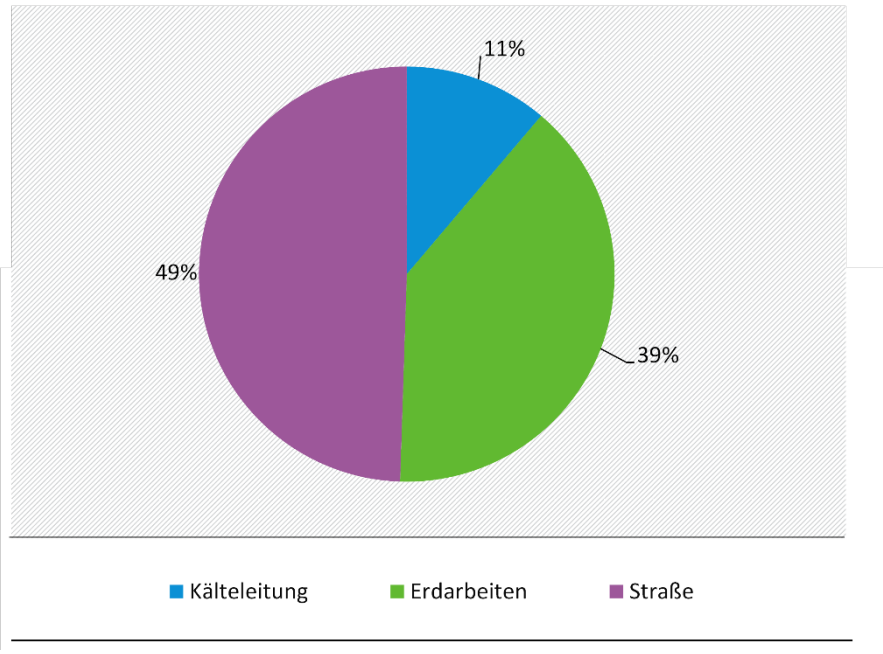
Abbildung 7: Verteilung Herstellungskosten Kältenetz



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Auch der Ressourcenaufwand beim Leitungsbau ist erheblich. Abbildung 8 zeigt die Verteilung der verursachten Treibhausgasemissionen bei der Verlegung einer ungedämmten DN225 Kältenetzleitung mit einem Außendurchmesser von 22,5 cm. Knapp 90 % der Emissionen sind der Verlegung und nicht dem Material der Leitungen zugeordnet. Die graue Energie eines Kältenetzes inklusive Kältezentrale und Übergabestationen können bei einer gemeinsamen Leitungsverlegung um etwa die Hälfte verringert werden.

Abbildung 8: Verteilung der Treibhausgasemissionen bei der Verlegung einer Kälteleitung (DN225)



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Praxisbeispiel: Fernkälte und Grundwasserkälte München - Gemeinsame Leitungsverlegung Wärme- und Kältenetz

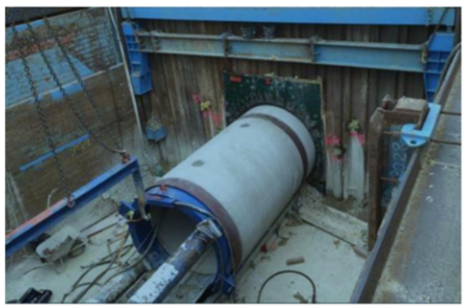
Die Fernkälteversorgung in München umfasst ein mehr als **25 Kilometer langes Fernkältenetz** sowie mehrere **Grundwasserkältenetze mit 13 Kilometern Länge**. Die Umsetzung von Fernkälte in München zeigt exemplarisch, dass die Netzintegration insbesondere in hochverdichteten Innenstadtbereichen entscheidend ist: Gerade innerstädtisch ist im Straßenraum kaum noch Platz für weitere Leitungen vorhanden. Daher werden alternative Verlegesysteme notwendig (Krystallas (2018)). Dazu gehören u. a. das Übereinanderlegen von Leitungen und Sparten, horizontale Pressungen[8], die Eintragung der Leitungen in Abwasserkanälen oder unterirdischen Stadtbächen, sowie – bei einer grundlegenden Sanierung der Infrastruktur oder Neubau – der Medienkanal.

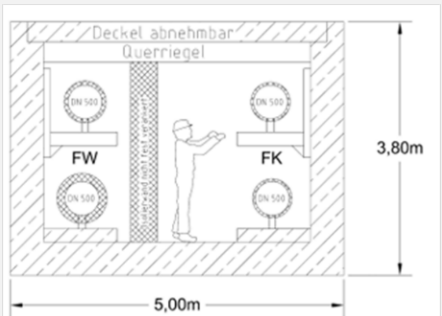
Im Münchner Praxisbezug wird sichtbar, dass Fernkälte nicht isoliert betrachtet werden kann, sondern häufig im Kontext bestehender Netzinfrastrukturen (v. a. Fernwärme, Strom, Telekommunikation, Verkehrsanlagen) geplant werden muss. Die Bilder der Stadtwerke München zeigen hierzu beispielhaft typische innerstädtische Leitungssituationen („Spartenlage“) und die Koexistenz von **Fernwärme und Fernkälte** im begrenzten Straßenquerschnitt.

Nutzung bestehender Infrastruktur: Versorgungsleitung Im eingehausten Bach



Horizontale Pressung





Medienkanal



Übereinanderlegen Vor- und Rücklauf

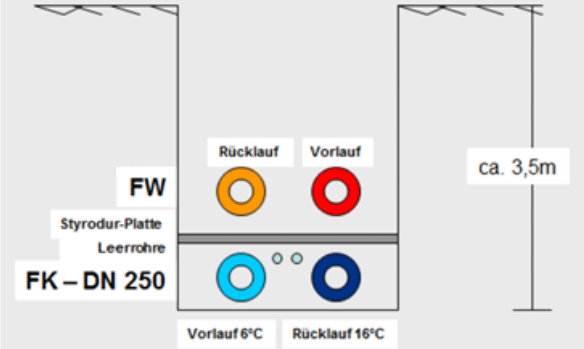
Bildquelle: Krystallas 2018

[8] Grabenloses Bohrverfahren zur Verlegung von Wärme- und Kälteleitungen, das insbesondere zur oberflächenschonenden Unterquerung von bspw. Straßen, Gleisen oder Gewässern dient. Dabei muss die Oberfläche nicht geöffnet werden.

Anordnung: Fernkälte- unter Fernwärmleitungen

Konkrete Vorteile der in München gewählten Anordnung (Krystallas 2018):

- **Fernwärme oben, Fernkälte tiefer**: Je tiefer die Fernkälte liegt, desto konstanter ist die Umgebungstemperatur; zugleich können thermische Einträge von der Oberfläche reduziert werden.
- **Bessere Zugänglichkeit der Fernwärme**: Aufgrund höherer Betriebsdrücke sowie stärkerer thermischer und mechanischer Beanspruchung wird bei Fernwärme eher mit Schadensfällen gerechnet – die besser erreichbare Lage ist daher vorteilhaft.



Bildquelle: Krystallas 2018

Synergien und Herausforderungen in der Umsetzung

Die Synergien der **gemeinsamen bzw. koordinierten Trassenplanung** von Kälte- und Wärmenetzen entstehen insbesondere durch **gebündelte Tiefbaumaßnahmen** (weniger Straßenaufbrüche), eine **reduzierte Bauzeit pro Maßnahme** sowie perspektivisch **geringere Kosten der Oberflächenwiederherstellung** und **geringere Belastungen für Verkehr und Anlieger**.

Das Münchener Beispiel zeigt auch, dass die kombinierte Verlegung und Netzintegration trotz Synergien eine komplexe Maßnahme ist. Zentrale Herausforderungen sind:

- **Örtliche und zeitliche Übereinstimmung:** Nur wenn beide Sparten im selben Abschnitt und im passenden Projektzeitraum geplant werden können, sind gemeinsame Bauphasen realistisch.
- **Größere Verlegetiefen**: Wenn eine Sparte (z. B. Fernkälte) unten liegt, führt dies zu größeren Verlegetiefen. Im Reparaturfall oder bei nachträglichen Hausanschlüssen werden dadurch tiefere Baugruben nötig, was Baukosten und Eingriffsintensität erhöht.
- **Koordinationsaufwand und gegenseitige Abhängigkeiten**: Synergien können Projekte auch **komplizierter** machen. Die Notwendigkeit gemeinsamer Bauabläufe schafft Abhängigkeiten zwischen Sparten, wodurch eine sorgfältige Planung und Koordination zwingend erforderlich wird.

Das Praxisbeispiel München verdeutlicht: Fernkälte ist eine **Infrastruktur- und Umsetzungsaufgabe im hochverdichteten Stadtraum**. Der wesentliche Hebel für Kommunen liegt darin, Fernkälte frühzeitig als **integrierten Bestandteil der kommunalen Netzinfrastruktur** zu behandeln und Synergien mit Wärmenetzen gezielt zu nutzen – gleichzeitig aber die steigende Komplexität durch gemeinsame Bau- und Betriebsstrategien realistisch einzuplanen.

3.2 Gemeinsame Nutzung von Infrastruktur: Kälte statt Wärme im Sommer

Die Erzeugung von Kälte und Wärme mit derselben Anlage ist für gebäudeindividuelle Lösungen bereits bekannt: Reversible Wärmepumpen können im Winter heizen und im Sommer kühlen. So lassen sich Gebäude mit Flächenheizungen in der warmen Jahreszeit temperieren, ohne dass eine separate Kältemaschine erforderlich ist. Ein vergleichbares Prinzip lässt sich auch auf leitungsgebundene Energieinfrastrukturen übertragen. Bei integrierten Wärme- und Kältenetzen kann ein Teil der technischen Infrastruktur gemeinsam genutzt werden.

Wie können thermische Leitungen gemeinsam genutzt werden?

Kalte Nahwärmenetze können von den angeschlossenen Gebäuden statt als Wärmequelle im Winter ebenso als Rückkühlquelle/Wärmesenke im Sommer genutzt werden (siehe Abschnitt 1.5). Liegt die Vorlauftemperatur tief genug, wird das Netz passiv zur Kühlung genutzt. Erst wenn sich das Netz mit fortschreitendem Sommer zunehmend erwärmt, könnten mit reversiblen Wärmepumpen ausgestattete Gebäude das Netz zur aktiven Kühlung – die Wärmepumpe arbeitet als Kältemaschine – nutzen. Bei Flächenheizungen ist, anders als bei für tiefere Temperaturen konzipierten Gebläsekonvektoren, oft eine passive Kühlung ausreichend. Zudem darf bei Flächenheizungen oder Betonkernaktivierung der Taupunkt an der Fläche durch eine stärkere Kühlung nicht unterschritten werden.

Als wichtiger Nebeneffekt trägt die Abwärme der Gebäudekühlung zur Regeneration von speicherfähigen Wärmequellen wie Erdwärmesonden bei. Der Rücklauf gibt die aufgenommene Wärme im Erdwärmesonden- oder Kollektorfeld an die umgebende Erde ab. Diese wirkt als saisonaler Speicher und kann im Winter mehr Wärme abgeben beziehungsweise stärker belastet werden. Die Berücksichtigung der Gebäudekühlung in der Auslegung von Netz und Wärmequellen ermöglicht je nach Randbedingungen eine Verringerung der Sondenmeter um bis zu 30 % und bietet somit das Potenzial zur signifikanten Reduktion der Netzinvestitionen (Spencer, 2025).

Drei-Leiter-Systeme stellen eine weitere Möglichkeit zur gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur dar. Neben einem warmen und einem kalten Versorgungsleiter wird ein gemeinsamer Rücklaufleiter geführt. Dadurch können gleichzeitig unterschiedliche Temperaturniveaus für Wärme- und Kälteanwendungen hydraulisch getrennt transportiert werden, ohne zwei vollständig separate Netze zu errichten, wie sie in konventionellen Vier-Leiter-Lösungen üblich sind (siehe Kapitel 3.1) (Jebamalai et al., 2022).

Wann ist eine duale Nutzung von Anlagen vorteilhaft?

Wenn ein Wärme- und Kältenetz ausreichend nahe beieinander liegen, um eine gemeinsame Energiezentrale zu nutzen, könnten **reversible Großwärmepumpen** zur zeitlich versetzten Erzeugung von Wärme beziehungsweise Kälte genutzt werden, etwa zur Abdeckung von Spitzenlasten.

Die eingesetzten Kältemittel und Kreisläufe von Wärmepumpen oder Kältemaschinen werden optimal für den jeweiligen Zweck und übliche Temperaturbereiche von Vor- und Rücklauf gewählt. Soll die Anlage sowohl für Wärme als auch für Kälte genutzt werden, muss sie flexibler einsetzbar sein. Das kann zwar die Effizienz am jeweiligen Betriebspunkt etwas verringern, bringt aber Vorteile bei Kosten, Platzbedarf und Wartung. Besonders als Reserve oder für Spitzenlasten kann eine solche Doppelnutzung wirtschaftlich sinnvoll sein, weil die Investitionen deutlich sinken.

3.3 Effizienzsteigerung durch gleichzeitige Wärme- und Kälteerzeugung

Bei der Erzeugung von Wärme mit einer Wärmepumpe findet zugleich auf der Wärmequellenseite eine Abkühlung statt. Umgekehrt betrachtet, entsteht Abwärme bei der Erzeugung von Kälte mit einer Kältemaschine. Besteht gleichzeitig ein Bedarf für Wärme und Kälte – etwa für Trinkwarmwasser und Gebäudekühlung – ist es sinnvoll diese überschüssige Kälte bzw. Abwärme zu nutzen.

Dies kann auf der Ebene eines einzelnen Gebäudes erfolgen (siehe Exkursbox „Gebäudeindividuelle Kälteintegration“). Betrachtet man viele Gebäude gemeinsam, erhöht sich der Umfang von simultanem Wärme- und Kältebedarf. Daher ist die gekoppelte Wärme- und Kälteerzeugung für die netzgebundene Versorgung besonders interessant. Dabei entzieht die Wärmepumpe dem Rücklauf eines Kältenetzes Wärme und führt sie dem Vorlauf des Wärmenetzes zu. Aufgrund der von der Wärmepumpe geleisteten elektrischen Arbeit, entsteht dabei etwas mehr Wärme als Kälte.

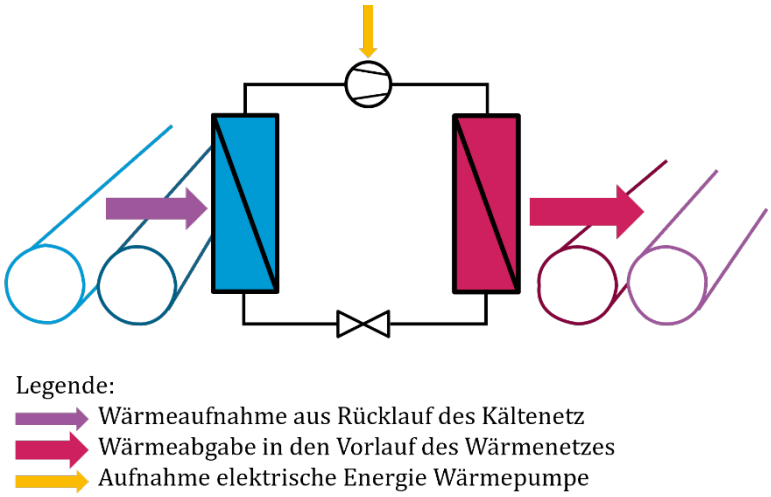
Exkurs: Gebäudeindividuelle integrierte Wärme- und Kälteversorgung

Im klassischen Gebäudebetrieb konkurrieren Heizung und Kühlung oft gegeneinander: Wo Wärme abgeführt werden muss, wird sie vielfach an die Umgebung abgegeben – etwa über Kondensatoren oder Lüftungssysteme – während in anderen Zonen gleichzeitig Wärme benötigt wird. Eine technische Lösung sind Wärmepumpen mit 4-Leiter-System (zwei unabhängigen Wasserkreisen für Heiz- und Kühlwasser), die gleichzeitig kühlen und heizen können (Keshawarz, 2021). So kann **überschüssige Wärme aus Kühlprozessen** dort sinnvoll eingesetzt werden, wo sie gebraucht wird, zum Beispiel zur **Warmwasserbereitung oder für Heizflächen**. Dies reduziert den Energieverbrauch und senkt Betriebskosten. Im Vergleich zu VRF-Systemen (Variable Refrigerant Flow), die in der 3-Leiter-Variante ebenfalls gleichzeitiges Heizen und Kühlen ermöglichen (Heat Recovery), bietet das wasserbasierte System zusätzliche Vorteile: die Integration der Trinkwarmwasserbereitung, flexiblere Vorlauftemperaturen sowie die Möglichkeit zur zentralen thermischen Speicherung und damit zur Lastverschiebung.

Beispielrechnung: Starke Effizienzsteigerung durch gekoppelte Erzeugung für integriertes Wärme- und Kältenetz

Das Potenzial für eine Effizienzverbesserung gegenüber einer getrennten Wärme- und Kälteerzeugung wurde in (Popovski et al., 2026) analysiert. Dafür wurde beispielhaft eine Wärmepumpe mit einem Gütegrad von 58 % betrachtet, die gleichzeitig ein Wärmenetz mit Wärme und ein Kältenetz mit Kälte versorgt (siehe Abbildung 9). Das Wärmenetz hat in der Analyse eine Vorlauftemperatur von 70 °C und einen Rücklauf von 60 °C und das Kältenetz eine Vorlauftemperatur von 6 °C und eine Rücklauftemperatur von 12 °C. Die Wärmepumpe leistet also den Temperaturhub von 12 °C auf 70 °C.

Abbildung 9: Wärmepumpen-Kreisprozess mit Wärmeaufnahme aus dem Kältenetz und Wärmeabgabe an das Wärmenetz.



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

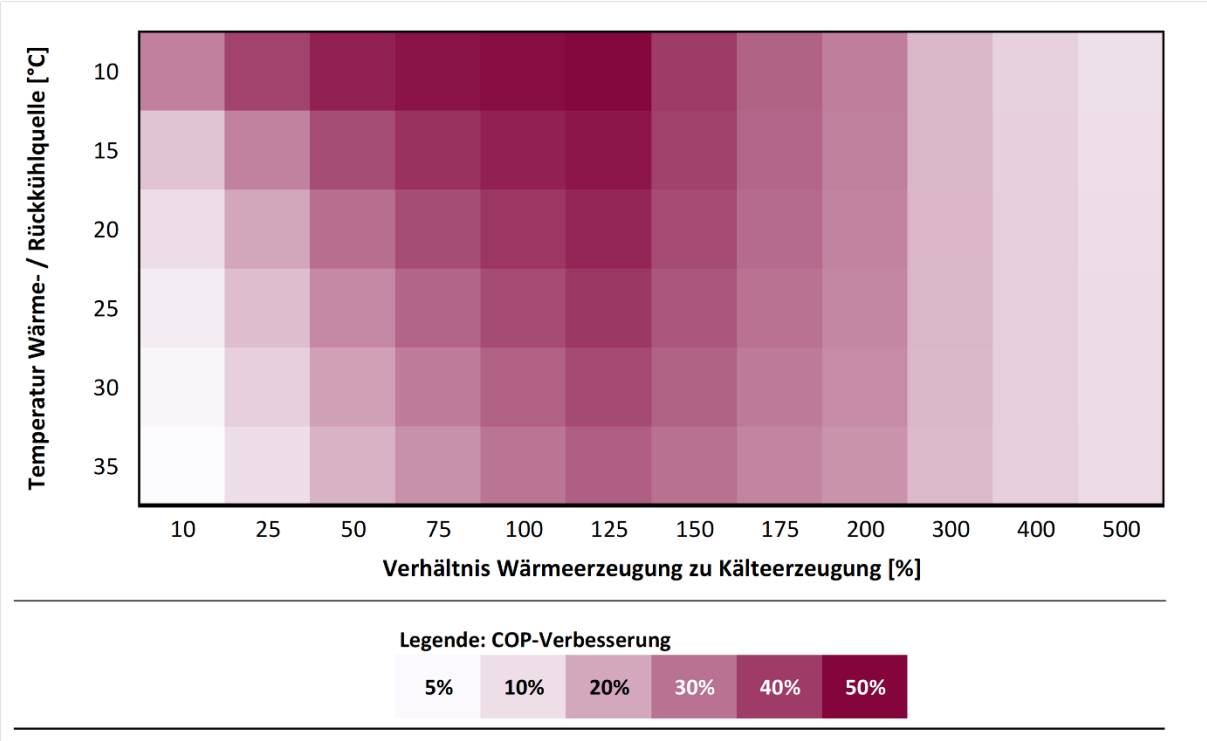
Unter diesen Bedingungen kann die komplette bei der Kälteerzeugung entstehende Wärme genutzt werden, wenn der Wärmebedarf um etwa ein Viertel (entspricht der durch den Verdichter zugeführten Energie) über dem Kältebedarf liegt. Wird mehr Wärme oder Kälte benötigt, muss zusätzlich eine weitere Wärmequelle bzw. Wärmesenke – wie z. B. Luft, Grund- oder Flusswasser – genutzt werden.

Die Analyse bestätigt, dass zu jedem Betriebspunkt für die simultane Wärme- und Kälteerzeugung mit einer Anlage weniger elektrische Energie aufgewendet werden muss im Vergleich zu zwei separaten Anlagen mit identischer Wärme- beziehungsweise Rückkühlquelle. Wie stark der Vorteil der gekoppelten Wärme- und Kälteerzeugung ist, hängt von der Temperatur der genutzten Wärmequelle ab. Im Sommer – wenn die Kopplung aufgrund des Kältebedarfs relevant ist – liegen diese Temperaturen typischerweise zwischen 10 °C (z. B. Grundwasser) und 35 °C (max. Außenlufttemperatur).

Abbildung 10 zeigt, welche Steigerung der Gesamteffizienz je nach Verhältnis von Wärme- zu Kältebedarf in Abhängigkeit von der Temperatur der Wärmequelle bzw. Wärmesenke erreicht wird. Bei niedrigen Quelltemperaturen, wie z. B. 10 °C, ist die Effizienz der Wärmeerzeugung relativ gering, da ein großer Temperaturhub auf den Wärmenetzvorlauf von 70 °C erforderlich ist. Die Kopplung der Wärme- und Kälteerzeugung hat in diesem Fall einen besonders hohen Nutzen: die Gesamteffizienz lässt sich um bis zu 50 % steigern, wenn die komplette Abwärme der Kälteerzeugung genutzt wird (Wärmebedarf bei 125 % des Kältebedarfs).

Auch bei höheren Quelltemperaturen ergeben sich deutliche Effizienzsteigerungen von 20 % und mehr, wenn der Wärmebedarf zwischen 50 % und 200 % des Kältebedarfs liegt. Ist der Wärmebedarf hingegen deutlich mehr als doppelt so groß wie der Kältebedarf, geht der Gesamtvorteil zurück, da ein zunehmender Teil der Wärme durch die regulär vorliegende Wärmequelle gedeckt wird. Durch eine kurzzeitige Kälte- oder Wärmespeicherung können dabei Lastspitzen geglättet und Phasen einer simultanen Wärme- und Kälteerzeugung vergrößert werden.

Abbildung 10: Effizienzverbesserung durch eine zeitgleiche Kälte- und Wärmeerzeugung.



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Praxisbeispiel: Kältenetz Helsinki – Synergieeffekte zwischen Kühlung und Wärmeversorgung

Das Fernkältenetz der finnischen Hauptstadt Helsinki gilt international als Vorzeigebeispiel für die **integrierte Nutzung von Wärme- und Kälteinfrastrukturen**. Betrieben wird es vom städtischen Energieversorger **Helen Oy**, der Fernkälte, Fernwärme und Strom in einem eng gekoppelten System zusammenführt. Ziel ist es, Abwärme konsequent nutzbar zu machen und den Einsatz elektrischer Kompressionskälte zu minimieren.

Ein zentrales Element ist die **Katri-Vala-Anlage**, eine kombinierte Heiz- und Kühlstation. Dort wird unter anderem das **Rücklaufwasser aus dem Fernkältenetz** als Wärmequelle genutzt, welches mit Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau gehoben und in das Fernwärmenetz eingespeist wird, während gleichzeitig Kälte für das Fernkältenetz bereitgestellt wird. Ergänzt wird dieses Konzept durch eine Kälteerzeugung mit **Absorptionskältemaschinen**, insbesondere am Standort des **Kohlekraftwerks Salmisaari**: Dort werden 10 Absorptionskältemaschinen mit einer Gesamtleistung von rund **35 MW** betrieben. Als **Antriebsenergie dient die Fernwärme mit Temperaturen von etwa 85 °C**, die aus dem Kraftwerksbetrieb bzw. dem Fernwärmenetz stammt. Anstatt diese Wärme (im Sommer) ungenutzt abzuführen, wird sie zur Kälteerzeugung eingesetzt. So entstehen **Synergieeffekte zwischen Kühlung und Wärmeversorgung**, bei denen Abwärme aus Gebäuden und Infrastrukturen nicht verloren geht, sondern systemisch weiterverwendet wird (Calderoni, M. et al., 2019; Friotherm AG, 2017).

Wo besteht Potenzial für die Kopplung von Wärme- und Kälteerzeugung?

Die simultane Erzeugung von Wärme und Kälte mit Wärmepumpen bietet das Potenzial, Energie effizienter zu nutzen und Betriebskosten zu senken. Wie groß dieses Potenzial künftig tatsächlich ist, hängt jedoch von mehreren, standortspezifischen Faktoren ab. Für die kommunale Planung ist dabei weniger eine exakte Potenzialhöhe entscheidend als die Frage,

unter welchen Rahmenbedingungen eine Kopplung der Wärme- und Kälteerzeugung in integrierten Wärme- und Kältenetzen sinnvoll und wirtschaftlich umsetzbar ist.

Vor diesem Hintergrund wurde im Forschungsvorhaben „Nachhaltige Kälte- und Wärmeversorgung urbaner Räume mittels Fernkälte- bzw. Fernwärmenetzen unter dem Einsatz energieeffizienter und HFKW-freier Techniken“ (Popovski et al., 2026) eine überschlägige Abschätzung des zukünftigen Kopplungspotenzials vorgenommen. Ziel war es, relevante Einflussfaktoren zu identifizieren, räumliche Schwerpunkte sichtbar zu machen und eine Grundlage für praxisorientierte Empfehlungen zu schaffen. Die detaillierten Annahmen und Berechnungsmethoden sind im Abschlussbericht dokumentiert (Popovski et al., 2026).

Zentrale Einflussfaktoren aus kommunaler Sicht

Die Analyse zeigt, dass das Kopplungspotenzial im Wesentlichen von drei Faktoren bestimmt wird:

- **Räumliche Überschneidung potenzieller Wärme- und Kältenetzgebiete**: Besonders günstige Voraussetzungen bestehen dort, wo hohe Wärme- und Kältebedarfe räumlich zusammenfallen, etwa in verdichteten Stadtquartieren mit einem hohen Anteil an Nichtwohngebäuden.
- **Struktur der Kältenachfrage:** Für eine effiziente Kopplung ist insbesondere eine möglichst kontinuierliche Kältemindestlast relevant, wie sie beispielsweise durch Rechenzentren, Kliniken oder Labore entsteht. Die Höhe der Wärmemindestlast im Wärmenetz hat hingegen einen deutlich geringeren Einfluss auf das Kopplungspotenzial.
- **Gleichzeitigkeit von Wärme- und Kältenachfrage**: Während Kältebedarfe im Sommer überwiegend tagsüber auftreten, wird die Wärmenachfrage häufig durch Warmwasserbedarfe in den frühen Morgenstunden geprägt. Diese zeitliche Verschiebung begrenzt die direkte Nutzung von Abwärme, kann jedoch durch die Latenz der Netze sowie geeignete Speicherlösungen teilweise ausgeglichen werden.

Rolle des Anlagenmixes und bestehender Infrastrukturen

Für die Kopplung von Wärme- und Kälteversorgung ist es erforderlich, dass ein Teil der Wärmenetzenergie durch Wärmepumpen bereitgestellt wird, da diese Technologie die zeitgleiche Wärme- und Kälteerzeugung ermöglicht. Dabei sollten die Wärmepumpen zudem als Grundlasterzeuger eingesetzt werden – was aus ökonomischen Gründen in der Regel gegeben ist – da in der sommerlichen Grundlast das größte Kältekopplungspotenzial liegt. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass integrierte Lösungen auch bei vergleichsweise niedrigen Leistungsanteilen von Wärmepumpen im Wärmenetz grundsätzlich möglich bleiben. Erst bei sehr geringen Wärmepumpenanteilen im Wärmenetz von unter 10 % verlieren Kopplungslösungen deutlich an Relevanz.

Bestehende Infrastrukturen können das Kopplungspotenzial zusätzlich beeinflussen. Insbesondere Anlagen der thermischen Abfallbehandlung stellen in vielen größeren Kommunen eine dauerhafte Grundlastdeckung dar. Sie schließen integrierte Lösungen nicht grundsätzlich aus, können jedoch das ökonomische Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpen und die nutzbare Abwärmemenge aus der Kälteerzeugung begrenzen. Für Kommunen ist daher eine standortspezifische Betrachtung erforderlich, die auch die zukünftige Rolle bestehender Anlagen berücksichtigt.

Bedeutung von Anschlussquote und Netzstruktur

Ein zentraler Hebel für die Realisierung des Kopplungspotenzials ist die Anschlussquote im Kältenetz, diese entspricht dem Verhältnis der angeschlossenen Nennkälteleistung zur

Nennkälteleistung sämtlicher Kälteverbraucher im erschlossenen Versorgungsgebiet. Da das Kopplungspotenzial unmittelbar von der tatsächlich erzeugten Kältemenge abhängt, wirken sich geringe Anschlussquoten direkt negativ auf die nutzbare Abwärme aus. Für die kommunale Praxis bedeutet dies, dass integrierte Wärme- und Kältenetze nur dann ihr volles Potenzial entfalten können, wenn potenzielle Kälteabnehmer frühzeitig eingebunden und ausreichend hohe Anschlussquoten erreicht werden.

Demgegenüber hat die Mindestlast im Wärmenetz einen vergleichsweise geringen Einfluss auf das Kopplungspotenzial. Für die Identifikation geeigneter Gebiete ist daher die Kältenachfrage der begrenzende Faktor.

Räumliche Schwerpunkte und Größenordnungen

Die überschlägige Schätzung zeigt, dass relevante Kopplungspotenziale insbesondere in großen Städten und verdichteten Stadtregionen bestehen, in denen hohe Wärme- und Kältebedarfe zusammentreffen. Lokal können dort Anteile von bis zu rund 15 Prozent der gelieferten Wärmemenge durch Abwärme aus der Kälteerzeugung gedeckt werden, in einzelnen Kommunen auch darüber hinaus. Bundesweit ergibt sich ein nutzbares Abwärmepotenzial in der Größenordnung mehrerer Terawattstunden pro Jahr.

Die Potenziale sind dabei räumlich ungleich verteilt und hängen stark von den lokalen Rahmenbedingungen ab. Sie stellen keine Ausbauziele dar, sondern dienen der Orientierung für eine strategische Einordnung.

Einordnung für die kommunale Praxis

- Die gemeinsame Planung, Errichtung und Nutzung von Leitungen und Erzeugerstrukturen für Wärme- und Kältenetze spart Kosten und Ressourcen.
- Durch Kopplung von Wärme- und Kälteerzeugung sind hohe Effizienzgewinne möglich.
- Die Nutzung von kalten Nahwärmenetzen zur Kühlung ist sinnvoll, und durch die Regeneration der Wärmequelle können Kosten gespart werden.
- Die Möglichkeiten und Potenziale der Wärme- und Kälteintegration sind stark standortabhängig.
- Die Kälteversorgung sollte systematisch in die Wärmeplanung integriert werden, um Voraussetzungen für effiziente integrierte Lösungen zu schaffen.

4 Integration der Kälteplanung in die Wärmeplanung

Die kommunale Kälteplanung als Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung zu behandeln, bietet die Chance, den Prozess von Beginn an mit dem Neu- und Ausbau der Wärmenetzinfrastruktur gemeinsam zu denken. So kann die Errichtung von Kältenetzen dort angestoßen werden, wo sie ökologisch und wirtschaftlich vorteilhaft ist. Auch künftig wird dabei die kommunale Wärmeplanung den übergeordneten und zentralen Rahmen bilden, da die Bedeutung der Wärmeversorgung für die kommunale Infrastrukturentwicklung, die Versorgungssicherheit und die Erreichung der Klimaziele langfristig überwiegt. Die Kälteplanung ergänzt diesen Rahmen gezielt dort, wo sie zusätzliche Effizienzpotenziale erschließt.

Das zum 1. Januar 2024 eingeführte Wärmeplanungsgesetz (WPG) verpflichtet Kommunen zur Erstellung einer verbindlichen kommunalen Wärmeplanung. Wie einleitend beschrieben (siehe Kapitel 1), sieht die novellierte EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED) für Kommunen ab 45.000 Einwohner*innen darüber hinaus eine Kälteplanung vor. Damit werden sich in Zukunft auch in Deutschland Anforderungen für eine kommunale Kälteplanung ergeben.

Durch eine Integration der Kälteplanung in die Wärmeplanung lassen sich die Vorteile der gemeinsamen Errichtung und Nutzung von Infrastruktur sowie Effizienzsteigerungen durch gemeinsame Kälte- und Wärmeerzeugung (siehe Abschnitt 3) zielgerichtet nutzen.

Auch der organisatorische Aufwand der Kommunen für die Kälteplanung lässt sich durch eine gemeinsame Bearbeitung von Wärme und Kälte stark reduzieren, da diese überwiegend auf gleiche oder ähnliche Daten angewiesen sind.

Hier wird ein Vorschlag dargestellt, wie das Thema Kälte in den Ablauf der kommunalen Wärmeplanung konkret eingebunden werden kann. Die Beschreibung orientiert sich an dem im Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024) beschriebenen Vorgehen bei der kommunalen Wärmeplanung.

Abbildung 11 zeigt einen Überblick über die einzelnen Schritte der Wärmeplanung und ergänzt diese durch mögliche Aktivitäten im Bereich der Kälteplanung.

Die in der Abbildung hervorgehobenen Arbeitsschritte zeigen, an welchen Stellen die Kälteplanung sinnvoll in den bestehenden Prozess der kommunalen Wärmeplanung eingebunden werden kann. In den folgenden Abschnitten wird dargestellt, wie die bereits im Rahmen der Wärmeplanung vorgesehenen Arbeitsschritte genutzt und gezielt um kältespezifische Aspekte ergänzt werden können. Für jeden dieser Schritte werden die relevanten Fragestellungen der Kälteplanung, die Nutzung vorhandener Datengrundlagen und Analysen sowie die zusätzlichen Ergebnisse beschrieben, die sich über den Leitfaden Wärmeplanung hinaus ergeben.

Ein zentraler Schritt dabei ist die Prüfung, wie Wärme- und Kälteversorgung im Zielszenario sinnvoll zusammengeführt werden können (Kapitel 4.5).

Die Integration der Kälteplanung kann sowohl parallel zur Erstellung der Wärmeplanung erfolgen, als auch auf eine bereits existierende Wärmeplanung aufsetzen.

Hinweis zum aktuellen Rechtsrahmen

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Leitfadens existierten noch keine gesetzlichen Anforderungen an eine kommunale Kälteplanung. Sobald diese vom Gesetzgeber erlassen werden, sollte bei der Durchführung der Kälteplanung geprüft werden, ob ggf. ergänzende Schritte erforderlich sind.

Abbildung 11: Schema der Integration der Kälteplanung in die kommunale Wärmeplanung



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

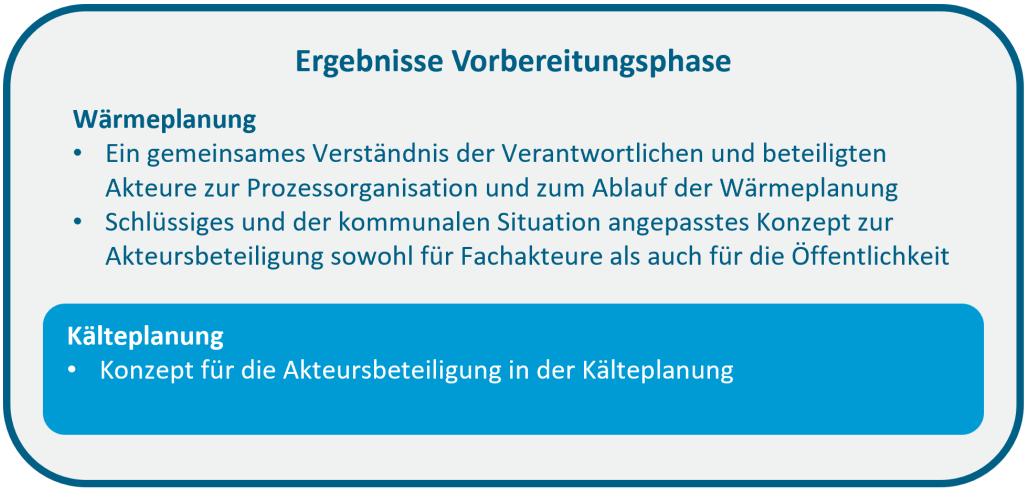
4.1 Vorbereitungsphase: potenzielle Ankerkunden einbinden

Auf den politischen Beschluss zur Durchführung der Wärmeplanung folgt zunächst die interne Organisation in der Kommune. In vielen Fällen wird zur Unterstützung ein externer **Dienstleister** beauftragt. In der **Ausschreibung** hierfür sollten die **Anforderungen für die Kälteplanung** bereits **eingeplant** werden.

In der Vorbereitungsphase der kommunalen Wärmeplanung wird in einer anschließenden Akteursanalyse der Kreis der zu beteiligenden Akteure bestimmt. Neben Akteuren, die beteiligt werden müssen – wie u. a. Stellen der Kommunalpolitik und -verwaltung, übergeordnete Planungsbehörden und Betreiber von Energieversorgungs- und Wärmenetzen – können die Verantwortlichen für die kommunale Wärmeplanung auch weitere Gruppen einbinden (siehe Abschnitt 2 Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024)).

Kältenetze sind in der Regel deutlich kleiner als Wärmenetze. Daher haben Ankerkunden eine herausragende Bedeutung und sind mitunter entscheidend für die Realisierung (Popovski et al., 2026). Aus diesem Grund sollten bei einer integrierten Wärme- und Kälteplanung **potenzielle Großabnehmer für Kälte in die Akteursanalyse** unbedingt aufgenommen werden. Neben möglichen Kunden aus der Privatwirtschaft sind dabei vor allem auch **Gebäude in öffentlicher Hand** mitzudenken. Das Konzept zur Akteursbeteiligung sollte festlegen, wie und in welchen Schritten der integrierten Wärme- und Kälteplanung Kältegroßverbraucher identifiziert, angesprochen und eingebunden werden.

Abbildung 12: Ergebnisse Vorbereitungsphase



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Praxisbeispiel: Relevanz von Ankerkunden am Beispiel des Fernkältenetzes Wien

Der Ausbau der Fernkälte in Wien zeigt exemplarisch, welche zentrale Rolle Ankerkunden für die wirtschaftliche und technische Realisierung von Kältenetzen spielen. Wien Energie verfolgt den Netzausbau schrittweise und kundenorientiert: Planung und Errichtung von Kältezentrale und Kältenetz erfolgen auf Basis einer Potenzialanalyse im Zielgebiet, wobei insbesondere große, kontinuierliche Kälteabnehmer den Ausschlag für Investitionsentscheidungen geben.

Ankerkunden zeichnen sich durch hohe Anschlussleistungen, verlässliche Lastprofile und langfristige Vertragsbindungen aus. In Wien waren dies beispielsweise große Büro- bzw. Verwaltungsgebäude und Sondernutzungen wie der MedUniCampus, Hotels, medizinische Einrichtungen oder großmaßstäbliche Stadtentwicklungsgebiete wie der Hauptbahnhof und der Nordbahnhof. Diese Objekte ermöglichen es, Kältezentrale und Netzinfrastruktur von Beginn an auf eine wirtschaftlich tragfähige Auslastung auszulegen. Die Erfahrungen von Wien Energie machen deutlich, dass der Netzstart häufig mit einem einzelnen oder wenigen großen Kunden erfolgt, an die anschließend weitere Abnehmer sukzessiv angebunden werden. Dadurch lassen sich Fixkosten der Erzeugung und des Netzes frühzeitig decken, was sowohl die spezifischen Kältekosten als auch das Investitionsrisiko reduziert. Für weitere Kunden sinkt damit die Einstiegshürde, da bestehende Infrastruktur genutzt werden kann. Auch für die technische Konzeption sind Ankerkunden relevant: Große Abnehmer rechtfertigen den Einsatz effizienter Großanlagen, etwa wassergekühlter Kältemaschinen oder die Rückkühlung über den Donaukanal, wie sie bei den Kältezentralen Schottenring und Stubenring umgesetzt wurden. Zudem eröffnen sie Optionen zur Sektorkopplung, etwa durch die Nutzung von Abwärme aus medizinischen oder gewerblichen Prozessen oder durch die Kopplung von Fernkälte und Fernwärme über Wärmepumpen. Insgesamt zeigt das Wiener Beispiel: Ankerkunden sind der Schlüssel für den Markteintritt von Fernkälte, da sie Investitionssicherheit schaffen, Skaleneffekte ermöglichen und den schrittweisen Netzausbau vorbereiten. Ohne diese frühen Großabnehmer wäre der Aufbau eines dichten innerstädtischen Fernkältenetzes unter den gegebenen baulichen und wirtschaftlichen Randbedingungen kaum realisierbar (Höller, 2024).

4.2 Eignungsprüfung: Teilgebiete für Kältenetzprüfung identifizieren

In der Eignungsprüfung werden bereits vorliegende oder leicht zugängliche Informationen genutzt, um das Gemeindegebiet in Teilgebiete zu unterteilen und diese in zwei[9] Gruppen zu untergliedern (siehe Abschnitt 3 Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024)):

- Teilgebiete **mit** Wärme- oder Wasserstoffnetzpotenzial: normale Wärmeplanung mit Prüfung der Eignung für Wärmenetze
- Teilgebiete **ohne** Wärme- oder Wasserstoffnetzpotenzial: verkürzte Wärmeplanung mit Ausrichtung auf dezentrale Wärmeversorgung

Für die Kälteplanung kann anhand derselben Teilgebiete eine Unterscheidung analog zur Wärmeplanung vorgenommen werden:

- Teilgebiete **mit** Potenzial für eine weitere Prüfung der Kältenetzeignung (siehe Kapitel 4.2.1)
- Teilgebiete **ohne** Potenzial für Kältenetze (siehe Kapitel 4.2.2)

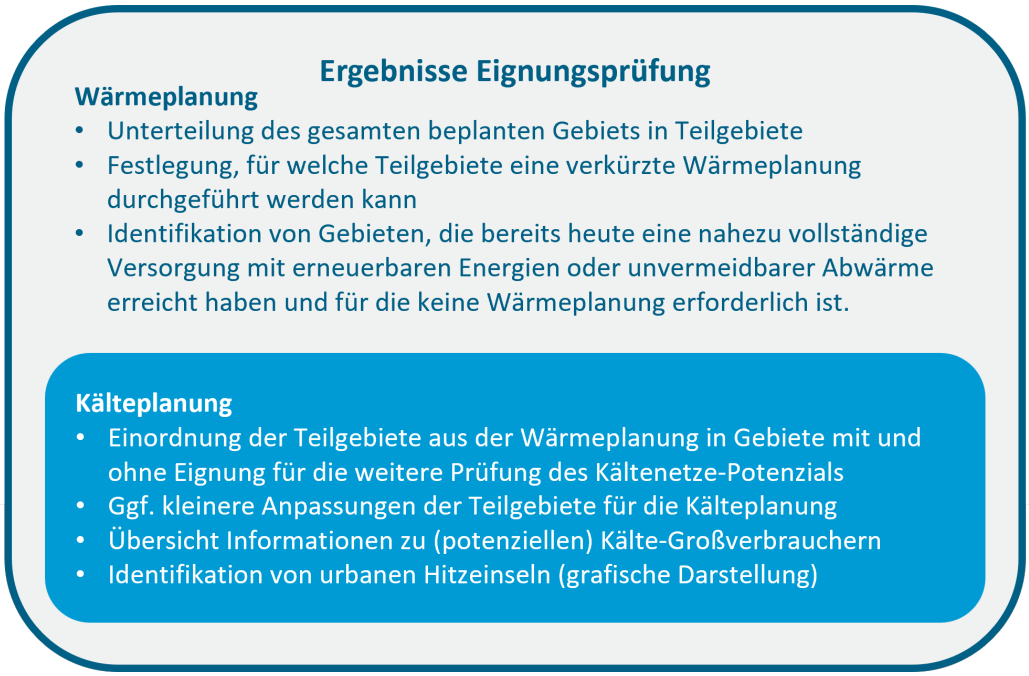
Die Einordnung erfolgt anhand bereits vorliegender oder leicht zugänglicher Informationen. Nur für die Teilgebiete mit Potenzial für eine weitere Prüfung der Kältenetzeignung wird in der

[9] Eine dritte Gruppe besteht aus Teilgebieten, die bereits eine vollständig über erneuerbare Energien oder unvermeidbare Abwärme versorgt werden. Für diese muss keine Wärmeplanung durchgeführt werden.

Bestandsanalyse eine genauere Abschätzung des Kältebedarfs und ggf. eine Kältelinienberechnung durchgeführt (siehe Kapitel 4.3 bis 4.6).

Teilgebiete ohne Potenzial fallen jedoch nicht komplett aus der Kälteplanung: in allen Gebieten sollten die Möglichkeiten für Einsparungen beim Kälteverbrauch und eine Reduktion des Kältebedarfs geprüft werden. Zugehörige Umsetzungsstrategien werden im Kapitel 4.6 erörtert.

Abbildung 13: Ergebnisse Eignungsprüfung



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

4.2.1 Identifikation der Teilgebiete mit Potenzial für eine Prüfung der Kältenetzeignung

Siedlungsstruktur und potenzielle Ankerkunden relevanter als reine Kältedichtedaten

Im Gegensatz zur Wärmeversorgung besteht beim Kältebedarf oftmals eine große Diskrepanz zwischen dem rechnerisch ermittelten Bedarf und dem tatsächlichen Verbrauch, was eine grobe Einordnung der Gebiete allein anhand von Schätzwerten zum Kältebedarf erschwert (vgl. Kapitel 1.1). Kältedichtekarten, etwa aus dem Projekt Citiwatts (OpenGIS4ET Team 2025), können als zusätzliche Informationsquelle dienen. Diese weisen jedoch häufig hohe Werte für dicht bebaute Wohngebiete aus. In der Praxis sind häufig jedoch keine entsprechenden Kälteverbräuche zu verzeichnen. Neben fehlenden technischen Voraussetzungen wie raumlufttechnischen Anlagen oder Flächenheizungen, sind klassische Wohngebäude darüber hinaus keine wirtschaftlichen und stabilen Kälteabnehmer. Gleichzeitig kann der Kältebedarf in Gewerbegebieten mit geringer Bebauungsdichte, etwa in locker bebauten Bürostandorten wie der City Nord in Hamburg mit bereits vorhandenem Kältenetz, durch reine Dichtekennwerte deutlich unterschätzt werden. Reine Kältedichteschätzwerte sollten daher nicht als alleiniges Entscheidungskriterium zur Einordnung der Teilgebiete herangezogen werden.

Lücke zwischen Kältebedarf und -verbrauch

Der **Kältebedarf** ist eine rechnerisch ermittelte Größe, die beschreibt wie viel Wärme einem Gebäude entzogen werden muss, um die Raumtemperatur im erwünschten Bereich zu halten. Berücksichtigt werden dabei u. a. Sonneneinstrahlung, Personenanzahl und Abwärme von technischen Geräten. Der **Kälteverbrauch** ist hingegen die tatsächlich gemessene, dem Gebäude zugeführte Kälteenergie.

Drüber hinaus besteht in Deutschland eine **große Lücke zwischen theoretischem Kühlbedarf und tatsächlicher Versorgung**: viele Gebäude werden trotz rechnerisch notwendiger Kühlung gar nicht klimatisiert. Beispielsweise sind viele Pflegeheime nicht klimatisiert, und Patientenzimmer in nur knapp 40 % der Kliniken (Levsen & Filser, 2022). Mit der im Zuge des Klimawandels steigenden Zahl an Hitzetagen wird der Handlungsdruck steigen, diese Versorgungslücke insbesondere für vulnerable Gruppen wie ältere Menschen, Kranke und kleine Kinder zu schließen.

Der hier vorgeschlagene Ansatz zur Identifizierung potenziell für Kältenetze geeigneter Teilgebiete setzt primär bei der Bewertung der Siedlungsstruktur an.

Während bei der Wärmeplanung oft größere Teile des Gemeindegebiets potenziell in Betracht gezogen werden, kommen für Kältenetze meist nur wenige Gebiete in Frage. Reine Wohngebiete können meist direkt ausgeschlossen werden, da hier in der Regel der Kältebedarf für Kältenetze zu gering ist bzw. keine dem Bedarf entsprechende Nachfrage besteht.

Kühlung von Wohngebäuden

Während in Nichtwohngebäuden wie Krankenhäusern, Rechenzentren oder Laboren eine aktive Kühlung aus betrieblichen Gründen unverzichtbar ist, sollte sie im Wohngebäudebereich die Ausnahme bleiben. Aus klima- und ressourcenpolitischer Sicht ist vorrangig ein wirksamer sommerlicher Wärmeschutz durch passive Maßnahmen umzusetzen, um den Kühlbedarf grundsätzlich zu vermeiden. Entsprechend stehen für die kommunale Kälteplanung bauliche, städtebauliche und nutzerbezogene Maßnahmen wie Verschattung, Nachtlüftung und Begrünung im Vordergrund.

Die für die wirtschaftliche Tragfähigkeit von Kältenetzen wichtigen Ankerkunden mit hoher und zeitlich stabiler Kälteabnahme finden sich häufig im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD). Ein für Kältenetze realistisch erschließbarer Kühlbedarf findet sich daher typischerweise in Gebieten mit einem hohen Anteil an Nichtwohngebäuden aus dem GHD-Sektor, insbesondere in

- Hotels,
- Bürogebäuden,
- Einkaufszentren,
- Supermärkten,
- Kongresshallen,
- Rechenzentren,
- Kliniken.

Für den zukünftigen Kühlbedarf relevant sind aber auch Gebäude, die heute oft noch nicht gekühlt werden: mit zunehmender Hitzebelastung wird es immer drängender, vulnerable

Gruppen z. B. in Pflegeheimen oder Kindertagesstätten vor Überhitzung zu schützen. Hinzu kommen Gebäude in öffentlicher Hand, wie z. B. Schulen, Universitäten oder Verwaltungen. Insbesondere historische Stadtkerne bieten aufgrund der hohen Dichte an potenziellen Ankerkunden und der begrenzten Möglichkeiten zur individuellen Gebäudekühlung wegen Platzmangels häufig ein besonderes Potenzial für Kältenetze.

Welche Datenquellen können für die Bewertung herangezogen werden?

Für die Analyse der Siedlungsstruktur sowie den Einbezug von Gebäuden in öffentlicher Hand können die oft bereits in der Wärmeplanung verwendeten Daten der ALKIS-Datenbank sowie vorliegende Informationen zu (potenziellen) großen lokalen Kälteverbrauchern herangezogen werden.

Im Projekt „Nachhaltige Kälte- und Wärmeversorgung urbaner Räume mittels Fernkälte- bzw. Fernwärmenetzen unter dem Einsatz energieeffizienter und HFKW-freier Techniken“ (Popovski et al., 2026) wurde eine kartografische Verbindung von Informationen zur Siedlungsstruktur mit Prognosen zur potenziell nachgefragten Kälteleistung erstellt. Für die Potenzialbewertung wurden Siedlungsgebiete mit Industrie/Gewerbenutzung oder mit einem Versiegelungsgrad über 80 % (typisch für innerstädtische Bereiche)[10] ausgewählt, in denen aus dem geschätzten Kältebedarf[11] eine Kälteleistung von mindestens 10 MW für den zusammenhängenden Bereich resultiert. Abbildung 14 zeigt einen Ausschnitt. Der GIS-Datensatz ist unter folgendem Link beim Umweltbundesamt abrufbar und kann als Hilfsmittel der Eignungsprüfung von Teilgebieten herangezogen werden:

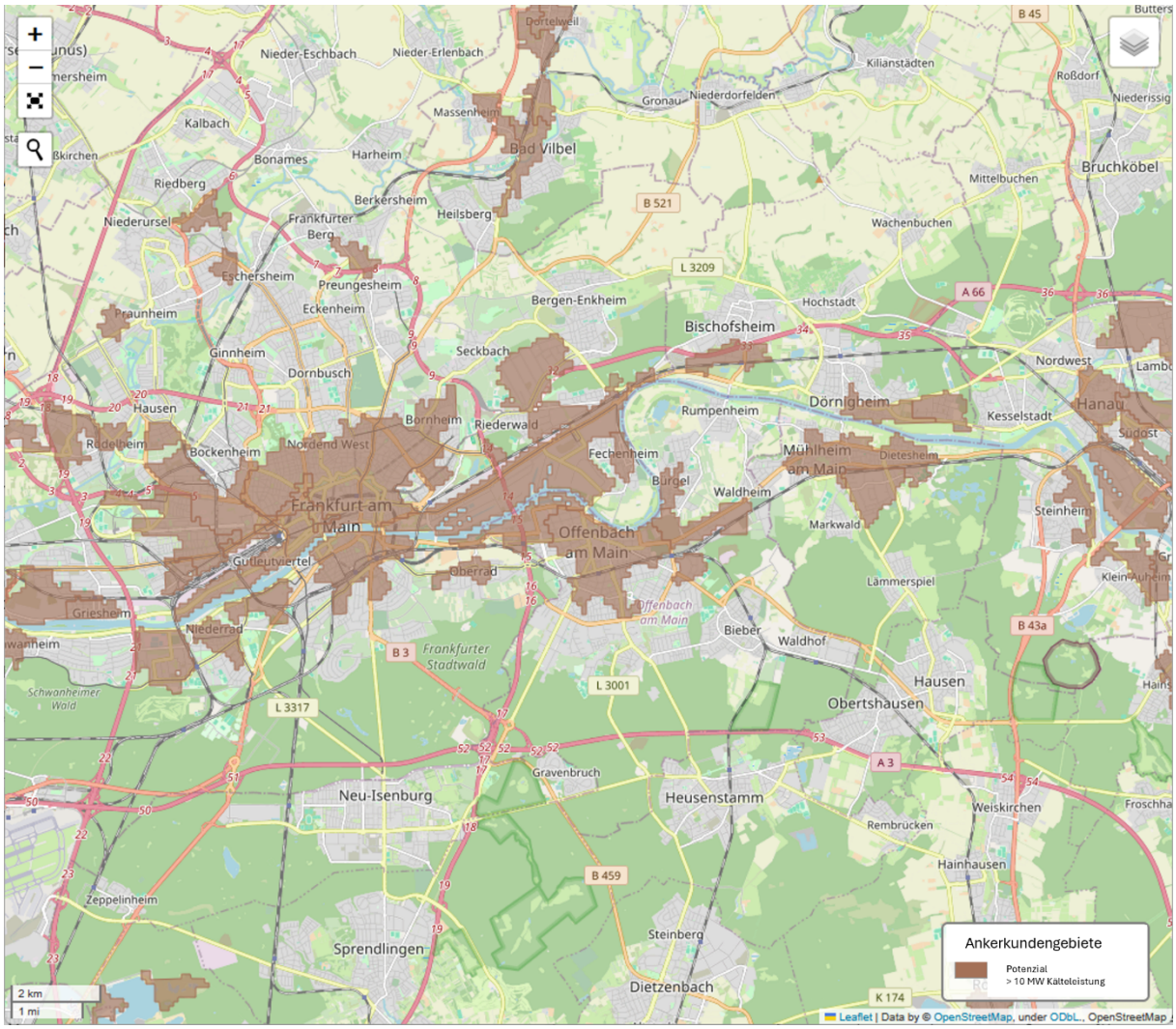
Zugang GIS-Datensätze potenzielle Ankerkundengebiete für Kältenetze

Die so identifizierten Gebiete können als Anhaltspunkt genutzt werden, sollten aber mit den genannten weiteren Informationenquellen (ALKIS-Datenbank, bekannte Gebäudenutzung, Ankerkunden) abgeglichen werden. Es wurde auch eine Verschneidung mit Daten zu Oberflächengewässern erstellt, die nur die Gebiete mit einem Abstand von weniger als 1 km zu einem Oberflächengewässer darstellt. Diese Informationen können für die Erfassung von Rückkühlquellen in der Potenzialanalyse nützlich sein (siehe Abschnitt 4.4). Siehe GIS-Datensatz „Ankerkundengebiete + Gewässer“.

[10] Als Quelle dient der “Corine Land Cover” Datensatz: Code 111 (Continious Urban Fabric) und 121 (Industrial or commercial units).

[11] Siehe (Popovski et al., 2026b) zur Schätzung des Kältebedarfs anhand von Gebäudevolumina und Annahmen zu durchschnittlichen Vollaststunden und spezifischer Kühllast.

Abbildung 14: Beispiel: GIS-Analyse von Gebieten mit potenzieller Kältenachfrage > 10 MW



Quelle: eigene Darstellung (IREES/ifeu)

Auch urbane Hitzeinseln weisen auf einen erhöhten Kältebedarf hin. Wenn vorhanden, können Stadtklimaanalysekarten Informationen zur Lage von Hitzeinseln liefern. Ein Marker für Bereiche städtischer Hitzekonzentration ist der Urban Heat Vulnerability Index (UHVI). In den Kennwert gehen u. a. die Temperatur der Landoberfläche, die Bevölkerungsdichte, Gebäudemerkmale und sozioökonomische Daten ein. Im Projekt (Popovski et al., 2026) wurde ein GIS-Datensatz „UHVI“ im 100 m-Raster für Deutschland berechnet.

Dort wo Hitzeinseln mit einer hohen Konzentration von Nichtwohngebäuden zusammenfallen, besteht oft auch ein erhöhter und in der Kühlperiode gleichmäßiger Kältebedarf. Hinweise zur Lage solcher Orte liefert die Überschneidung des GIS-Datensatzes „UHVI“ mit der oben beschriebenen Karte „Ankerkundengebiete“: siehe GIS-Datensatz „Ankerkundengebiete-UHVI“.

Einen Überblick über mögliche Bewertungskategorien und Datenquellen für die Zuordnung der Teilgebiete gibt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**. Teilgebiete, die als geeignet für eine vertiefte Prüfung des Kältenetzpotenzials identifiziert wurden, werden im Rahmen der Bestandsanalyse weiter untersucht.

Es wird empfohlen initial mit identischen Teilgebieten wie in der Wärmeplanung zu arbeiten. Nach Identifikation von einem oder mehreren Teilgebieten mit Kältenetzpotenzial sollte jedoch geprüft werden, ob angrenzende Straßenzüge oder naheliegende Einzelgebäude aus Teilgebieten ohne Kältenetzpotenzial als Kälteverbraucher berücksichtigt werden können. In diesem Fall kann eine Erweiterung des betrachteten Teilgebiets zweckmäßig sein.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Bewertungskategorien und Datenquellen zur Eignungsprüfung.

Bewertungskategorie	Datenquellen	Einordnung
Kältedichte [MWh/ha*a]	z. B. Citiwatts, CoolLife	als alleiniger Kennwert kaum geeignet
Siedlungsstruktur	ALKIS-Datenbank, Liegenschaftsregister, öffentlich bekannte Informationen zur Gebäudenutzung	Wichtig zur Sammlung von Informationen über (potenzielle) Kältegroßverbraucher
GHD-Nutzungsanteil, Flächen-versiegelung und Kälteleistung von min. 10 MW	GIS-Datensatz „Ankerkunden“	Anhaltspunkt für Potenzial, Abgleich mit weiteren Daten sinnvoll
Hitzeinseln, Urban-Heat-Vulnerability Index (UHVI)	GIS-Datensatz „UHVI“ GIS-Datensatz „Ankerkunden-UHVI“, Stadtklimaanalysekarten	Hinweis auf erhöhten Kältebedarf, insbesondere für vulnerable Gruppen

4.2.2 Vorgehen für Teilgebiete ohne Kältenetzpotenzial

In vielen Fällen ergibt die Eignungsprüfung, dass nur wenige oder keine Teilgebiete ausreichend Potenzial für eine weitere Prüfung der Kältenetzeignung in der Bestandsanalyse haben. Dennoch gibt es auch hier weitere Anknüpfungspunkte der Kälteplanung an die Wärmeplanung:

Die im Zuge der Eignungsprüfung gesammelten Informationen zu Kältegroßverbrauchern können als Basis dienen, um Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs für dezentrale Kälteerzeugung anzuregen. Die Identifikation von Hitzeinseln ist zudem ein Ansatzpunkt für Klimaanpassungsmaßnahmen, um den Kältebedarf durch stadtplanerische Maßnahmen zu reduzieren (siehe Potenzialanalyse in Abschnitt 4.4 und Umsetzungsstrategien in Abschnitt 4.6).

Wenn im Zielszenario der Wärmeplanung Teilgebiete mit Eignung für kalte Nahwärmenetze identifiziert werden, sollte insbesondere für Siedlungsgebiete mit Mischnutzung oder GHD-Nutzungsanteil auch bei geringeren Kältebedarfen geprüft werden, ob vorhandene Kälteabnehmer mitversorgt werden können (siehe Zielszenario in Abschnitt 4.5 und Umsetzungsstrategie in Abschnitt 4.6).

4.3 Bestandsanalyse: Schätzung des Kältebedarfs

Um zu entscheiden, ob die in der Eignungsprüfung ermittelten Teilgebiete tatsächlich für die Versorgung durch ein Kältenetz in Betracht kommen, wird ihr Kältebedarf geschätzt.

Der Kältebedarf eines Gebäudes wird u. a. von der genutzten Fläche, dem Gebäudetyp, dem Nutzungsprofil, dem Wärmeschutzniveau und dem vorhandenen baulichen sommerlichen Wärmeschutz beeinflusst (Hutter et al., 2023). Im Gegensatz zum Wärmebedarf sind Daten zum Kältebedarf oder -verbrauch einzelner Gebäude nur selten vorhanden, etwa dort wo der Energieverbrauch zentraler raumlufttechnischer Anlagen (RLT-Anlagen) erfasst wird. Daher

wird eine überschlägige Schätzung des Kältebedarfs auf Grundlage der Gebäudevolumina und pauschalen Kältebedarfswerten nach Gebäudetyp empfohlen.

Überschlägige Kältebedarfsabschätzung

Die im Rahmen der Bestandsanalyse für die Wärmeplanung (siehe Abschnitt 5 Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024)) erstellte Kartierungsgrundlage mit der Einteilung des Gebäudebestandes kann für die Kälteplanung mitgenutzt werden. Falls bereits ein Kältenetz in den untersuchten Gebieten existiert, sollte diese Infrastruktur in die Kartierungsgrundlage integriert werden. Anhand der Kartierungsgrundlage werden Gebietsumrisse für die Teilgebiete erstellt, deren Kältebedarf ermittelt werden soll.

Informationen über Nutzungsart und Gebäudevolumina können der Bestandsanalyse der Wärmeplanung bzw. deren Datengrundlagen (z.B. Liegenschaftskataster) entnommen werden. Beispielhafte Orientierungswerte für die spezifische Kühllast und Volllaststunden für verschiedene Gebäudetypen sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt. Als Produkt aus Gebäudevolumina, spezifischer Kühllast und Volllaststunden ergibt sich der jährliche Kühlbedarf.

Tabelle 3: Spezifische Kühllast und Volllaststunden für eine Auswahl von Gebäudetypen

Gebäudetyp	Spezifische Kühllast[1] (W/m³)	Volllaststunden[2]	Bemerkung
Büro (Standard)	25-40	ca. 580	-
Ladenlokal/Verkaufsfläche	35-60	ca. 650	z. B. Einkaufszentrum
Hotelzimmer	20-35	ca. 720	-
Wohnraum (Neubau)	15-30	ca. 480	z. B. für Altenheim ansetzen
Schulklasse/Seminarraum	30-45	ca. 350	-

[1] nach VDI 2078

[2] nach nPro (2026)

Bedarfsanalyse im Austausch mit potenziellen Ankerkunden

Durch den Austausch mit den relevantesten (potenziellen) Kältegroßverbrauchern wird der in der Eignungsprüfung begonnene Überblick für die zu prüfenden Teilgebiete um weitere Informationen ergänzt:

- aktuelle Art der Kälteversorgung,
- Energieverbrauch für Gebäudekühlung,
- Einschätzung des künftigen Bedarfs: insbesondere in bisher unterversorgten Einrichtungen, z. B. Krankenhäusern und Pflegeheimen.

Die Kühlbedarfsabschätzung für die Teilgebiete wird anhand der gewonnenen Informationen ggf. angepasst.

Gebiete mit hohem Kältebedarf: Berechnung von Kälteliniendichten

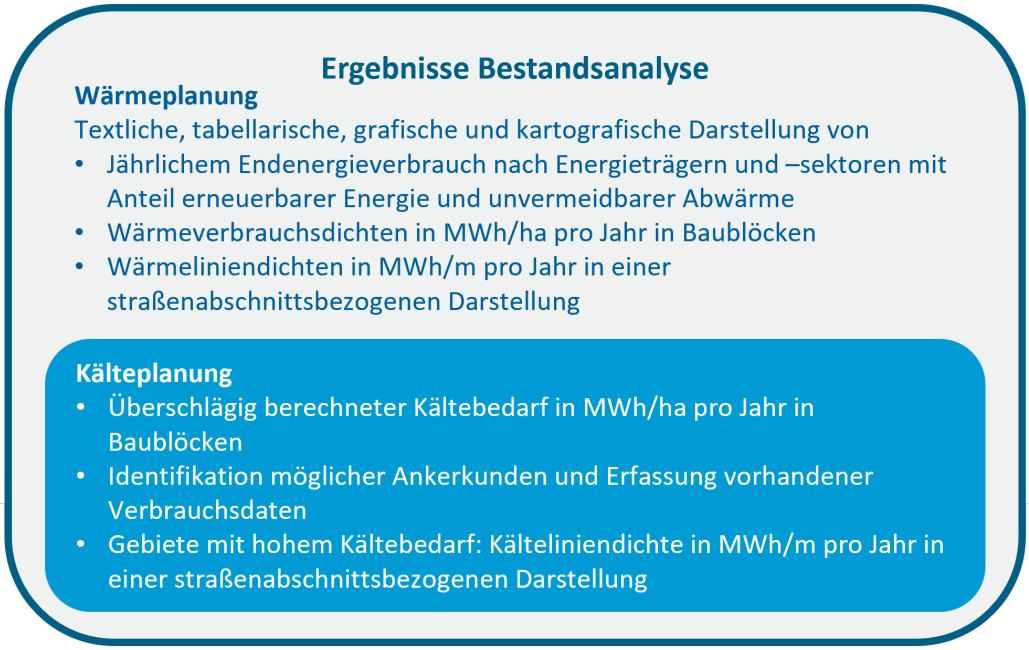
Die mögliche Wirtschaftlichkeit eines Kältenetzes kann anhand der Kälteliniendichte – der pro Trassenmeter abgegebenen Kälteenergie in MWh/m – bewertet werden. Die Kälteliniendichte wird stark von der Aufteilung der kälteversorgten Gebäude über die Straßenzüge beeinflusst. Da

nicht jedes Gebäude gekühlt wird, besteht eine stärkere Ungleichverteilung als für die Gebäudebeheizung. Deshalb greift bei der Bewertung von Kühlung die Betrachtung der Flächendichte des Kältebedarfs zu kurz.

Zweckmäßig bietet es sich an, mit der Berechnung der Kälteliniendichte für die Bereiche mit dem höchsten ermittelten Kältebedarf pro Fläche zu beginnen. Anhand der Ergebnisse kann dann entschieden werden, für welche Bereiche eine weitere Analyse sinnvoll ist.

Auch der Wertebereich für Kälteliniendichten, bei denen eine wirtschaftliche Umsetzung eines Kältenetzes möglich ist, unterscheidet sich je nach Rahmenbedingungen stark. Als groben Orientierungswert kann hier jedoch auf den Kostenvergleich für das Fallbeispiel in Abschnitt 2.4 verwiesen werden: Dort ergibt sich Kostengleichheit für ein flusswassergekühltes Kältenetz und die gebäudeindividuelle Kühlung bei einer Kälteliniendichte von jährlich circa 1,6 MWh/m. Existierende Kältenetze weisen Kälteleistungen pro Trassenmeter zwischen 1 kW/m bis 3,2 kW/m auf (Popovski et al., 2026). Bei größeren Kältenetzen verringern sich die spezifischen Investitionskosten für die Kältemaschine.

Abbildung 15: Ergebnisse Bestandsanalyse



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

4.4 Potenzialanalyse: Rückkühlquellen erfassen

In diesem Schritt der kommunalen Wärmeplanung werden in einem Flächenscreening sowohl die Potenziale für erneuerbare Wärmequellen als auch mögliche Einschränkungen erfasst. Zusätzlich werden Potenziale für Wärmeeinsparungen ermittelt (siehe Abschnitt 6 Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024)).

Für die Kälteplanung kommen zum einen mögliche Rückkühlquellen für Kältenetze hinzu, sowie Flächenpotenziale für PV zur Stromerzeugung für große Kältemaschinen und Abwärmequellen für Sorptionskältemaschinen. Zusätzlich sollten Potenziale zur Reduktion des Kältebedarfs geprüft werden.

Das Flächenscreening für diese Potenziale muss für die Kälteplanung nicht für das gesamte beplante Gebiet der Wärmeplanung erfolgen. Interessant ist hier nur die jeweils relevante Umgebung der in der Bestandsanalyse identifizierten Gebiete mit Kältenetzpotenzial.

Rückkühlquellen

Grundsätzlich sollte entstehende Abwärme so weit wie möglich energetisch genutzt werden (siehe Kapitel 1.2). Daher sollten Potenziale zur Rückkühlung für Kältenetze gestuft geprüft werden:

Ist ein Wärmenetz vorhanden, das die Abwärme aufnehmen kann? Ist ggf. eine unmittelbare Nutzung der Abwärme durch eine gekoppelte Wärme-Kälte-Erzeugung (siehe Kapitel 3.3) möglich?

Wenn der sommerliche Wärmebedarf im Wärmenetz zu niedrig ist, sollte ein saisonale Speicherung im Erdreich, z. B. über Erdsonden, Erdkollektoren oder geeignete Aquifere geprüft werden.

Für den Fall, dass diese Optionen ausscheiden: Sind potenziell geeignet Oberflächengewässer vorhanden, ggf. auch das Meer oder andere Gewässerreservoirs[12]?

Je weiter entfernt sich eine Rückkühlquelle vom Kältenetz befindet, umso höher sind die Kosten für den Bau der Anbindungsleitung und die thermischen Verluste, auch wenn diese im Vergleich zu Wärmeverlusten in Wärmnetzen deutlich geringer ausfallen (vgl. Kapitel 1.4).

Außenluft zur Rückkühlung sollte nur als letzte Option genutzt werden.



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

Gewässer als Rückkühlquelle

Gewässer werden in der Regel bereits in der Potenzialanalyse der Wärmeplanung miterfasst, da sie zugleich eine potenzielle Wärmequelle für die in Zukunft stark zunehmende Wärmeerzeugung mittels Großwärmepumpen für Wärmenetze darstellen.

Einen Überblick über die Lage größerer Fließgewässer[13] und Seen mit einer Fläche ab 30 ha gibt eine auf Grundlage der Basis-Landschaftsmodelle der Bundesländer erstellte Karte(AdV, 2025): GIS-Datensatz Digitales Basis-Landschaftsmodell.

Befinden sich keine dieser größeren Gewässer in der Nähe[14] von den in der Bestandsanalyse identifizierten Gebieten mit Potenzial für eine weitere Prüfung der Kältenetzeignung, lohnt gegebenenfalls auch der Blick auf kleinere Gewässer oder unterirdische Kanäle in innerstädtischen Bereichen.

Das konkrete Potenzial hängt vom nutzbaren Gewässerdurchfluss und der zulässigen Temperaturspreizung bzw. Temperaturerhöhung des Gewässers ab. Dabei sind insbesondere die möglichen Höchsttemperaturen und Niedrigwasser im Sommer zu beachten. Diese Parameter müssen für den jeweiligen Standort ermittelt werden.

Für eine erste überschlägige Berechnung lässt sich das theoretische Potenzial eines Flusses als Rückkühlquelle über Annahmen zur mittleren zulässigen Temperaturerhöhung (ΔT in K) und der Durchflussmenge ($\dot{V}_{Fluss}$ in [m^3/s]) bestimmen.

[12] z. B. Nutzung der U-Bahn-Düker im Fernkältenetz München.

[13] Fließgewässer I. (überregional bedeutsame Flüsse) und II. Ordnung (mittelgroße Flüsse).

[14] Als grobe Orientierung kann ein Abstand von maximal 2 km verwendet werden.

$$\dot{Q}_{Kälte} = \rho_W \cdot \dot{V}_{Fluss} \cdot \Delta T \cdot c_w$$

Mit der Dichte (ρ_W in [kg/m³]) und spezifischen Wärmekapazität (c_w) von Wasser ergibt sich eine Kälteleistung von $\dot{Q}_{Kälte} = 4{,}2$ MW pro Kubikmeter in der Sekunde für jedes mögliche Grad der Temperaturerhöhung.

Das tatsächlich nutzbare Potenzial von Oberflächengewässern zur Kühlung unterliegt jedoch wegen der für das Ökosystem nachteiligen Erwärmung deutlichen ökologischen Einschränkungen (siehe Exkursbox zu ökologischen Restriktionen für Rückkühlung über Oberflächengewässer auf S. 16). Mögliche weitere Restriktionen für die Nutzung können etwa durch Wasser-, Natura 2000- und FFH- Schutzgebiete sowie Grünzüge und Biotope entstehen. Die notwendige Umweltverträglichkeitsprüfung fällt erst in der konkreteren Planung eines Projekts an.

Freiflächen für PV zur Energieversorgung von Kältenetzen

Der Strombedarf von Kältemaschinen zur Kälteerzeugung für Kältenetze fällt überwiegend im Sommer zu Zeiten hoher Photovoltaik-(PV)-Stromerzeugung an. Daher ist es sinnvoll, bei der Errichtung großer Kältemaschinen nach Möglichkeit auch PV-Anlagen für die Stromversorgung zu installieren. Durch signifikante Eigenstromnutzung können die Energiekosten gesenkt, das Stromnetz entlastet und die PV-Anlage schnell amortisiert werden. In der Potenzialanalyse der Wärmeplanung werden bereits mögliche Freiflächen für Solarthermie erfasst, die sich in der Regel auch für PV eignen. Für die Kälteplanung kann geprüft werden, ob sich solche Freiflächen in der Umgebung identifizierter Gebiete mit Potenzial für eine Kältenetzeignung befinden.

Langfristige Abwärmequellen

Abwärmequellen werden in der Wärmeplanung bereits als mögliche Wärmequellen für Wärmenetze erfasst. Im Sommer weisen diese zumeist viel Überschusswärme auf. Abwärmequellen mit ausreichend hohem Temperaturniveau (ab ca. 80 °C), können auch als Energiequelle für Sorptionskältemaschinen genutzt werden. Für die Kälteplanung ist zu prüfen, welche geeigneten Abwärmequellen sich innerhalb oder in der Nähe von Gebieten mit Potenzial für eine weitere Prüfung der Kältenetzeignung befinden. Da die Energiebedarfe von Wärme- und Kältenetzen über den Jahresverlauf gegenläufig sind, kann dieselbe Abwärmequelle prinzipiell sowohl zur Wärme- als auch Kälteerzeugung genutzt werden. Dabei ist die langfristige Verfügbarkeit der Abwärmequellen zu bewerten, da sich im Zuge der Dekarbonisierung industrieller Prozesse das Potenzial zur Abwärmenutzung aus thermischen Prozessen verringern wird (Fleiter et al., 2023).

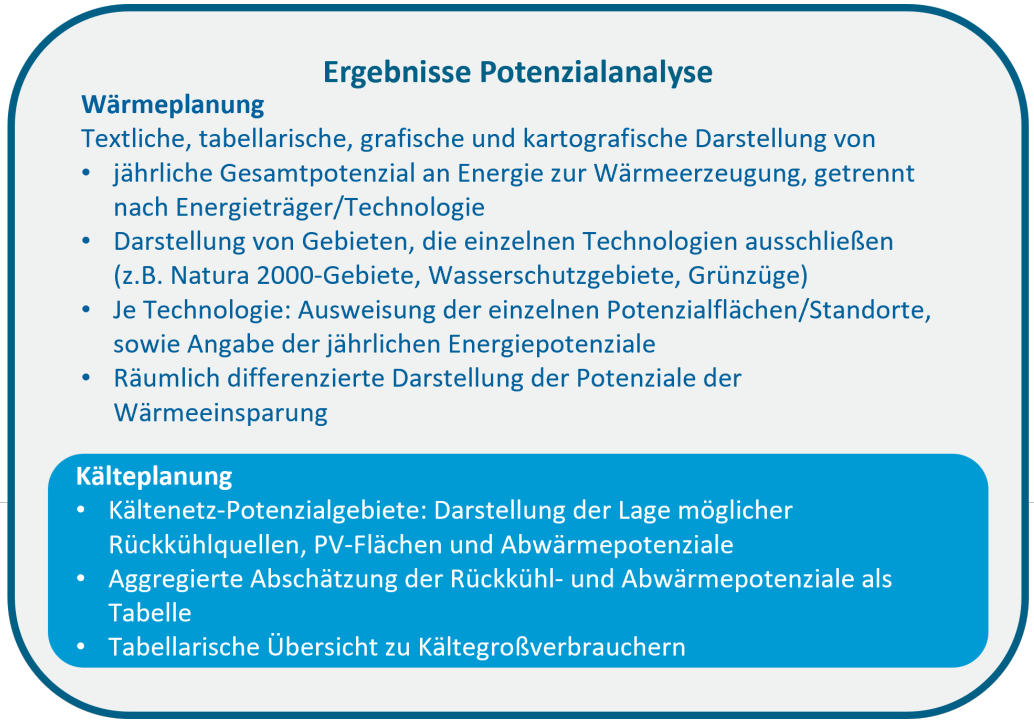
Großverbraucher: Potenzial zur Reduktion des Kühlbedarfs

Auch wenn die Bestandsanalyse ergibt, dass nur wenige oder keine der geprüften Gebiete für ein Kältenetz in Frage kommen, stellen die gesammelten Informationen zu Kältegroßverbrauchern als potenzielle Ankerkunden ein Potenzial für Energieeinsparungen dar.

Der Energieverbrauch durch bereits vorhandene große RLT-Anlagen mit Kühlfunktion bietet oft ein erhebliches Einsparpotenzial durch die Optimierung des Betriebs. Auch bei der Errichtung von neuen RLT-Anlagen kann der künftige Energiebedarf durch eine Qualitätssicherung bei Planung, Installation und Inbetriebnahme verringert werden.

In der Potenzialanalyse bietet es sich daher an, einen tabellarischen Überblick über bekannte Kältegroßverbraucher mit RLT-Anlagen – wenn vorhanden auch mit Verbrauchsangaben – zu erstellen. Dabei sind die Vorgaben zur Datenverarbeitung aus der Wärmeplanung zu beachten (siehe Abschnitt 4 Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024)).

Abbildung 16: Ergebnisse Potenzialanalyse



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

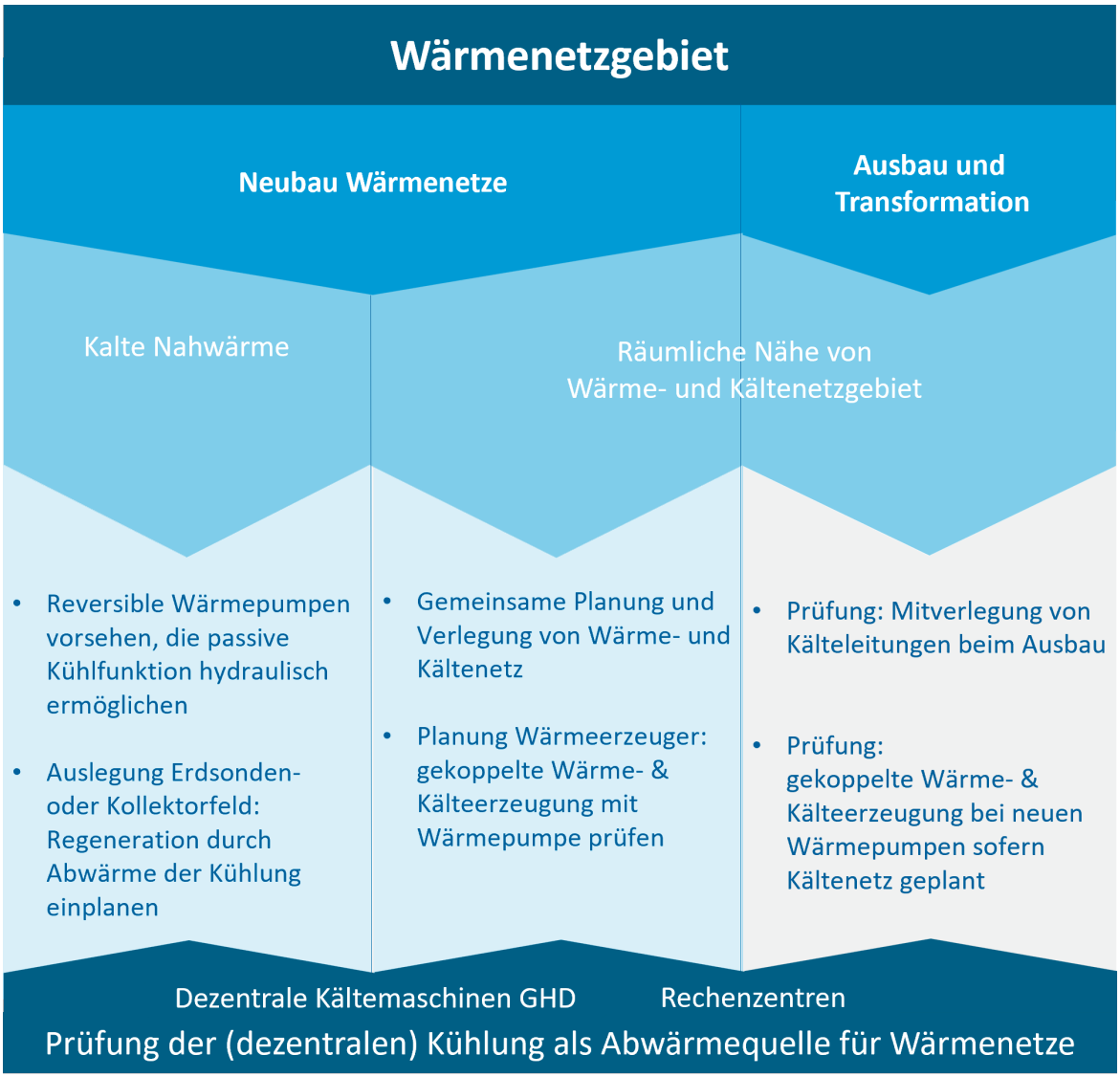
4.5 Zielszenario: Kältenetzgebiete und Integration von Wärme- und Kälteversorgung

Im Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung wird die Eignung der Teilgebiete für eine zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung festgelegt. Dies geschieht in einem iterativen Prozess zwischen der Kommune und (potenziellen) Netzbetreibern (siehe Abschnitt 7 Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024)).

Wenn im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse relevante Gebiete mit Potenzial für eine weitere Prüfung der Kältenetzeignung ermittelt wurden, sollten diese in den Prozess mit einbezogen werden. In die Bewertung der Eignung der Potenzialgebiete gehen u. a. Kälteliniendichten und das Interesse von Ankerkunden ein. Auch eine grobe Schätzung der Entwicklung des Kältebedarfs ist sinnvoll. Entscheidend für eine realistische wirtschaftliche Perspektive sind Schätzungen der standortbezogenen Herstellungskosten.

Mögliche Synergien zwischen Wärme- und Kältenetzen haben einen starken Einfluss auf die Kosten (siehe Kapitel 3). Abbildung 17 gibt einen Überblick über die Varianten der Integration von Wärme- und Kälteversorgung.

Abbildung 17: Planung Integration Wärme- und Kälteversorgung



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

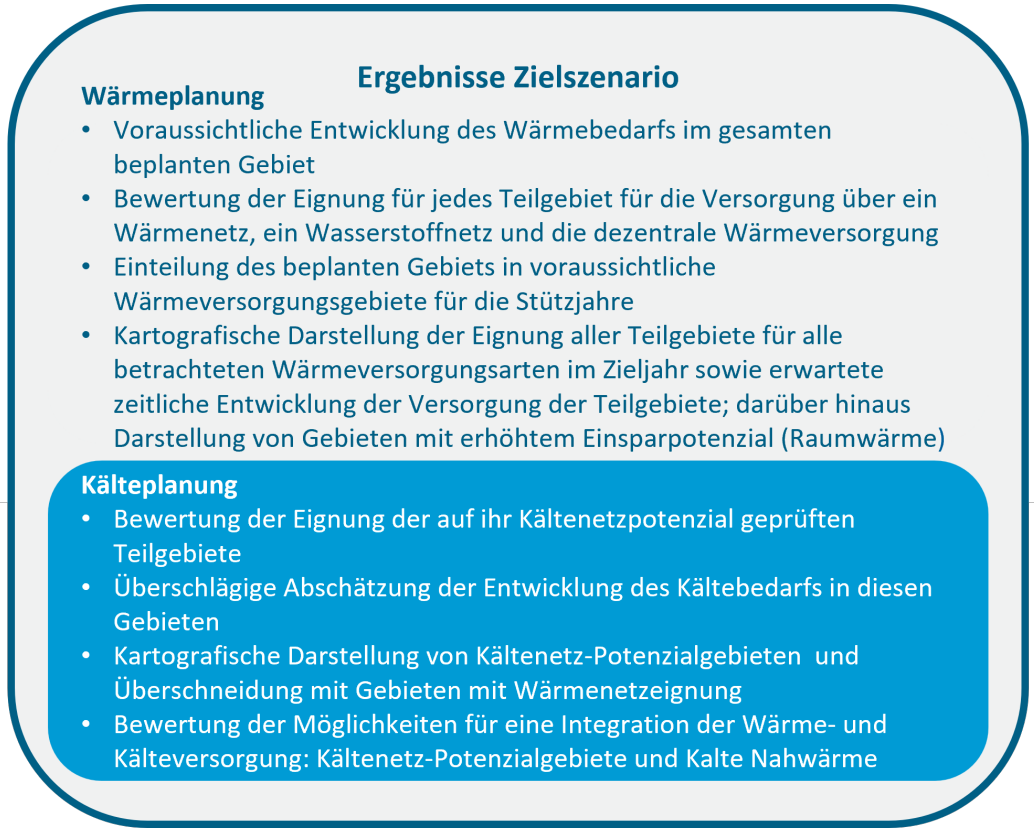
Durch die gemeinsame kartografische Darstellung von Kältenetzpotenzial- und möglichen Wärmenetzgebieten lassen sich wichtige Synergien frühzeitig identifizieren:

- In Bereichen, in denen der Neubau eines Wärmnetzes wahrscheinlich ist, können bei einer räumlichen Überschneidung von Wärme- und Kältenetzgebieten die Kosten durch eine gemeinsame Verlegung der Leitungen entscheidend reduziert werden. Auch bei bestehenden Wärmenetzen kann ein geplanter Ausbau gegebenenfalls für die Mitverlegung von Kälteleitungen genutzt werden.
- Liegen die potenziellen Versorgungsgebiete lediglich räumlich nah beieinander, können gemeinsame Energiezentralen realisiert werden. Eine gekoppelte Erzeugung von Wärme und Kälte ermöglicht dabei Effizienzgewinne, eine Verwertung der Abwärme und kann zu niedrigeren Betriebskosten führen.

Dort, wo bei der Erstellung des Zielszenarios eine Eignung für die Versorgung über kalte Nahwärme diskutiert wird, sollte ebenfalls das Potenzial für eine Kühlung festgehalten werden.

In der Kommunikation des Zielszenarios ist zu beachten, dass die Ausweisung eines Kältenetzeignungsgebietes nicht bedeutet, dass Verbraucher*innen hier fest mit der Errichtung eines Kältenetzes rechnen können. Die Festlegung bedeutet zunächst, dass Kommune und Netzbetreiber hier die Errichtung genauer prüfen werden.

Abbildung 18: Ergebnisse Zielszenario



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

4.6 Umsetzungsstrategie

Auf Basis des Zielszenarios wird in der Wärmeplanung eine Umsetzungsstrategie entwickelt (siehe Abschnitt 9 Leitfaden Wärmeplanung (Ortner et al., 2024)). Dabei wird im Austausch mit allen relevanten Akteuren (z. B. Kommune, Netzbetreiber) eine Sammlung möglicher Maßnahmen erstellt und anhand von Strategiefeldern und den Einflussbereichen der Kommune eine Umsetzungsstrategie entwickelt. Für die Kälteplanung kann analog vorgegangen werden, wobei die erforderlichen Aktivitäten bei der Erstellung der Umsetzungsstrategie teilweise davon abhängen, ob für Kältenetze geeignete Gebiete identifiziert wurden.

Einsparinitiative raumlufttechnische Anlagen

Raumlufttechnische (RLT) Anlagen verbrauchen oft deutlich mehr Energie, als zur Klimatisierung eines Gebäudes notwendig ist. In allen Kommunen können während der Kälteplanung gewonnene Informationen über vorhandene oder geplante größere RLT-Anlagen genutzt werden, um eine Einsparinitiative z.B. durch Klimaschutzmanager*innen anzustoßen.

Im Dialog mit den Betreiber*innen können die Vorteile einer (für große Anlagen vorgeschriebenen) energetischen Inspektion zur Aufdeckung von Einsparpotenzialen aufgezeigt werden. Ansprechpartner können z.B. Energiemanagementbeauftragte in Unternehmen sein. Hilfreich sind dabei Tools wie der Effizienzrechner Klima-Lüftung für Bestandsanlagen. Für

Neuanlagen ist eine Qualitätssicherung mit dem Qualitätssiegel Raumlufttechnik empfehlenswert (siehe Info-Kasten).

Um Unternehmen zu erreichen, können auch bereits vorhandene Netzwerke (z.B. Netzwerke zum Nachhaltigen Wirtschaften oder Energieeffizienznetzwerke) genutzt werden.

Oft ist gerade in öffentlichen Gebäuden ein hohes Einsparpotenzial vorhanden. Hier kann die Kommune selbst aktiv werden und dies in ihrer Vorbildfunktion öffentlich kommunizieren:

- Wurden die vorgeschriebenen energetischen Inspektionen durchgeführt?
- Sind vorhandene RLT-Anlagen in ein Energie-Monitoring[15] eingebunden?
- Sind Betreiber*innen/Hausmeister*innen im Umgang mit der RLT-Anlage geschult?

Hinweise zur Planung, Ausführung und Betrieb von RLT-Anlagen für öffentliche Gebäude finden sich in der Empfehlung des Arbeitskreises Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV, 2023).

Einsparpotenzial raumlufttechnischer Anlagen nutzen

Die Klimatisierung großer Gebäude erfolgt oft über raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen). Große RLT-Anlagen haben ein erhebliches Energieeinsparpotenzial. Bereits einfache Anpassungen der Laufzeiten oder Volumenströme können der Energieverbrauch oft deutlich reduzieren. Auch effiziente Ventilatoren nachzurüsten und die Luftkanäle abzudichten, kann viel Energiekosten mit wenig Aufwand einsparen.

Erste Hinweise auf Einsparpotenziale kann ein **QuickCheck für Kälteanlagen und Lüftungsanlagen** geben, ohne dass dafür besonderes Vorwissen nötig ist. Eine genauere Einschätzung liefert eine energetische Inspektion, die für RLT-Anlagen oder Klimaanlagen ab einer Nennkälteleistung von 12 kW alle 10 Jahre vorgeschrieben ist[16]. Nicht allen Anlagenbetreibern ist diese Pflicht bewusst. Auch für Neuanlagen ist eine Inspektion sinnvoll, um optimale Betriebseinstellungen zu erreichen. Aus den Daten der Inspektion kann mit dem **Effizienzrechner Klima-Lüftung** eine für den Betreiber einfach zu erfassende Bewertung der Energieeffizienz mit einem **Energielabel** erstellt werden.

Bestandsanlagen zu optimieren kann bei großen RLT-Anlagen die Kosten für den Stromverbrauch oft um mehrere 10.000 Euro pro Jahr senken (Bernard, 2024). Für den Energieverbrauch von Neuanlagen ist entscheidend, sie korrekt auszulegen und effizient zu betreiben. Die Qualitätssicherung bei Planung und Umsetzung kann für **Neuanlagen** durch einen unabhängigen Experten nach dem **Qualitätssiegel Raumlufttechnik** sichergestellt werden.

Darstellung von Hitzeinseln als Anknüpfungspunkt für Klimaanpassungsmaßnahmen

Im Zuge der Darstellung von Hitzeinseln in der Kälteplanung ergeben sich vielfältige Anknüpfungspunkte für Klimaanpassungsmaßnahmen, die sowohl auf städtebaulicher als auch auf Gebäudeebene umgesetzt werden können. Dabei sollte besonders die Belastung vulnerabler Gruppen wie ältere Menschen, Kranke und kleine Kinder in den Blick genommen werden.

Städtebauliche Maßnahmen umfassen beispielsweise die gezielte Pflanzung von Bäumen und die Entwicklung zusammenhängender Grünzüge, um das Mikroklima zu verbessern, Schattenflächen zu schaffen und die Verdunstungskühlung zu erhöhen.

[15] z. B. nach Kom.EMS, (Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH)

[16] Gebäudeenergiegesetz (GEG §75 - §78)

Zu baulichen Maßnahmen zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes, wie außenliegenden Verschattungen[17] oder Begrünung von Fassaden und Dächern, kann die Kommune informieren und beraten, und für sozial benachteiligte Gruppen ggf. auch Förderprogramme anbieten.

Berücksichtigung von Kühlung bei der Planung kalter Nahwärmenetze

Dort wo kalte Nahwärmenetze entstehen, sollte die Möglichkeit der passiven Kühlung in die Planung miteinbezogen werden. Eine passive Kühlung stellt nur einen geringen zusätzlichen Energieverbrauch dar, kann aber die Nachrüstung von energieintensiven Klimaanlagen bei einer steigenden Zahl von Hitzetagen vermeiden. Außerdem können die in Abschnitt 3.2 beschriebenen Vorteile der Regeneration der Wärmequelle genutzt sowie diese kleiner und kostengünstiger ausgelegt werden.

Wie kann die Kommune die Realisierung eines Kältenetzes unterstützen?

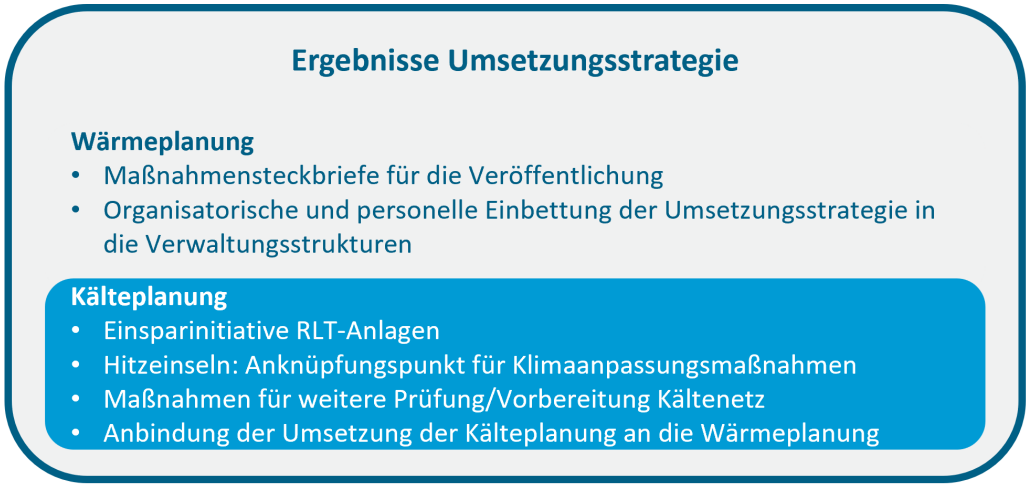
Wenn im Zielszenario relevante Teilgebiete mit einer Eignung für Kältenetze identifiziert wurden, sollten zusammen mit den potenziellen Netzbetreibern Maßnahmen zur Umsetzung entwickelt werden.

Zum einen muss das gewünschte Betreiber- (siehe Abschnitt 5.1) und Finanzierungsmodell identifiziert werden. Andererseits sollte geklärt werden, welche Voraussetzungen für eine Umsetzung zu schaffen sind – z.B. Einwerbung von ausreichend Kälteabnahmezusagen – und wo die Kommune dabei ggf. unterstützen kann. Sinnvoll ist hierfür die Etablierung eines regelmäßigen Austausches zwischen Kommune und potenziellem Netzbetreiber. Entscheidend für die Etablierung eines wirtschaftlichen Kältenetzes ist dabei eine frühzeitige Vertriebsakquise, da die Zahl der Kälteabnehmer gegenüber einem Wärmenetz ungleich geringer ist und eine ausreichende Nachfrage für die Festlegung der zu erschließenden Straßenzüge ausschlaggebend sein kann. Für eine erfolgreiche Vertriebsakquise sollten dabei sowohl Fakten zum Kältenetz (bspw. prognostizierter Kältepreis, erreichbare Kälteleistung, Temperaturniveau) als auch qualitative Vorteile (bspw. Freiwerden von Technikfläche sowie attraktiver Dachflächen, Reduktion Wartungsaufwand, Stabilität, Redundanz der Kälteerzeugung) feststehen und kommuniziert werden.

Falls die Errichtung eines neuen Kältenetzes „aus dem Stand“ aufgrund von Unsicherheiten bei der Kundennachfrage nicht realistisch erscheint, kann auch das „Insel-zu-Netz“-Modell in Erwägung gezogen werden. Dabei werden vom Netzbetreiber bei den Ankerkunden zunächst dezentrale oder „Insel“-Lösungen installiert, bei denen nur ein oder wenige Gebäude mit einer Kältemaschine versorgt werden. Eine sukzessive Vernetzung zu einem zusammenhängenden Fernkältenetz erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt, sobald eine kritische Masse an Kunden erreicht ist. Diese Strategie erlaubt es, Investitionsrisiken zu streuen und den Netzaufbau an die tatsächliche Nachfrage anzupassen (siehe Praxisbeispiel in Abschnitt 5.1).

[17] Bei denkmalgeschützten Gebäuden ist der Denkmalschutz einzubinden, um die Gebäude auch im Klimawandel nutzbar zu erhalten.

Abbildung 19: Ergebnisse Umsetzungsstrategie



Quelle: eigene Darstellung (ifeu)

5 Potenziale für Kältenetze heben

5.1 Betreibermodelle und Erfolgsfaktoren

Fernkältesysteme sind langfristig angelegte Infrastrukturen mit hohen Anfangsinvestitionen, langen Amortisationszeiträumen und anspruchsvollen Anforderungen an Planung, Betrieb und Weiterentwicklung. Die Wahl des Betreibermodells beeinflusst maßgeblich die Finanzierungsstruktur, die Risikoverteilung, die Preisgestaltung, die Akzeptanz bei Abnehmer*innen sowie die Möglichkeit, Fernkälte schrittweise auszubauen und mit anderen Infrastrukturen – insbesondere Wärmenetzen – zu verknüpfen.

Für Kommunen ist die Wahl des Betreibermodells ein zentrales strategisches Element. Sie bestimmt, in welchem Umfang kommunale Ziele wie Klimaschutz, Preisstabilität, Versorgungssicherheit und Steuerbarkeit der Infrastruktur berücksichtigt werden können und wie schnell Projekte umgesetzt werden.

Nach Calderoni et al. 2019 lassen sich zwei Betreibermodelle unterscheiden, die in der Praxis auch in hybriden Ausprägungen auftreten: das Stadtwerke-Modell und Contracting/Public-Private-Partnership. Hinzu kommt das Gewerbeparkmodell.

Stadtwerke-Modell

Im Stadtwerke-Modell werden Bau und Betrieb des Fernkältenetzes durch kommunale oder regionale Energieversorgungsunternehmen übernommen. Die Finanzierung erfolgt überwiegend über die Bilanz des Stadtwerks mittels Anschlussentgelten, Leistungs- und Arbeitspreisen sowie gegebenenfalls über Fördermittel, Anleihen oder kommunale Zuschüsse. Eigentum und Steuerung liegen überwiegend in kommunaler Hand oder in gemischtwirtschaftlichen Strukturen. Die Umsetzungsgeschwindigkeit hängt von internen Entscheidungsprozessen und der Risikobereitschaft des Unternehmens ab. Strategische und Marktrisiken verbleiben weitgehend bei Kommune und Stadtwerk.

Die Stärken dieses Modells liegen in der hohen fachlichen Kompetenz bei Netzplanung, Betrieb und Kundenmanagement sowie in der guten Integration in bestehende Wärme- und Strominfrastrukturen. Durch die solide Finanzierung können vergleichsweise günstige Kapitalkosten realisiert werden, was sich langfristig stabilisierend auf die Preisgestaltung auswirkt. Zudem ermöglicht das Stadtwerke-Modell eine enge Verzahnung mit kommunalen Klimazielen und städtebaulichen Entwicklungsstrategien.

Herausfordernd ist, dass wirtschaftliche Anforderungen der Energieversorgungsunternehmen berücksichtigt werden müssen. Dies kann zu einer stärkeren Kostensensibilität und zu einer vorsichtigeren Haltung gegenüber neuen Technologien führen.

Praxisbeispiel: Stadtwerkemodell in München

Die Stadtwerke München betreiben eines der größten Fernkältenetze Europas. Die Netze versorgen öffentliche Gebäude, Gewerbe, Dienstleistungs- und zunehmend auch Wohnnutzungen. Das Modell ist langfristig angelegt und stark in die kommunale Energie- und Klimastrategie eingebettet.

Contracting oder Public-Private Partnership (PPP)

Beim Contracting- oder PPP-Modell übernehmen private oder gemischtwirtschaftliche Akteure die Finanzierung, Errichtung und den Betrieb von Kälteerzeugung und Netz. Die Kälte wird den Abnehmer*innen als Dienstleistung bereitgestellt, häufig über langfristige Lieferverträge. Die

Kommune kann als Mitgesellschafterin beteiligt sein oder eine strategische Rolle bei der Projektentwicklung übernehmen.

Contracting- und PPP-Modelle zeichnen sich durch eine sehr hohe Finanzierungskraft und eine hohe Umsetzungsgeschwindigkeit aus. Sie ermöglichen es, private Investitionen zu mobilisieren und Bau- sowie Betriebsrisiken auf private Partner zu verlagern. Gleichzeitig behalten Kommunen über vertragliche Regelungen Einfluss auf strategische Fragen. Die höhere Komplexität der Vertragsgestaltung und potenzielle Zielkonflikte zwischen Renditeerwartungen und Gemeinwohlzielen erfordern jedoch eine sorgfältige strategische Steuerung. Diese Modelle eignen sich besonders für größere Projekte, neue Quartiere oder Standorte mit bereits initial hohem Kältebedarf.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Modells liegt im Zugang zu zusätzlichem Kapital und in einer häufig höheren Umsetzungsgeschwindigkeit. Bau- und Betriebsrisiken werden überwiegend vom privaten Partner getragen, während die Kommune strategische Ziele, etwa zur Flächennutzung oder zur Einbindung in bestehende Infrastrukturen, absichern kann.

Demgegenüber stehen höhere Anforderungen an Vertragsgestaltung, strategische Steuerung und Abstimmung zwischen öffentlichen und privaten Interessen. Zielkonflikte zwischen Renditeerwartungen und Gemeinwohlzielen müssen aktiv gemanagt werden.

Praxisbeispiel: Contracting als Betreibermodell für das Wärmenetz Buttenwiesen

Contracting- bzw. PPP-Modelle, bei denen ein privater Partner Planung, Bau, Finanzierung und Betrieb des Netzes übernimmt, sind für Kältenetze in Deutschland nicht üblich. Ein Beispiel für ein Wärmenetze mit diesem Betreibermodell ist das Fernwärmenetz Buttenwiesen: hier wurde das Wärmenetz gemeinsam mit dem Unternehmen GP Joule umgesetzt, das als Contractor auftritt. Die Gemeinde fungiert als Initiatorin, Flächeneigentümerin und wichtiger Ankerkunden- und Koordinationspartner. Die Wärmeversorgung basiert auf erneuerbaren Energien, insbesondere Biomasse und ergänzenden erneuerbaren Quellen. Der Betrieb erfolgt über langfristige Wärmelieferverträge.

Gewerbeparkmodell

Im Gewerbeparkmodell erfolgt der Aufbau der Kälteinfrastruktur durch private Akteure, etwa Industrieunternehmen, Infrastrukturinvestoren oder Betreiber von Gewerbe- und Industrieparks. Die Finanzierung erfolgt vollständig privat, häufig über Baukostenzuschüsse oder langfristige B2B-Verträge mit den angeschlossenen Unternehmen.

Die Stärken dieses Modells liegen in der hohen Umsetzungsgeschwindigkeit, klar kalkulierbaren Abnahmeprofilen und einer ausgeprägten Innovationsbereitschaft. Der kommunale Einfluss auf Preisgestaltung, Ausbaustrategie und Klimaziele ist jedoch begrenzt.

Rein private Modelle, wie sie häufig in Gewerbe- oder Industrieparks zum Einsatz kommen, ermöglichen eine sehr schnelle Umsetzung und hohe Innovationsdynamik. Die Finanzierung erfolgt vollständig privat, wodurch kommunale Haushalte entlastet werden. Der Einfluss der Kommune auf Tarifgestaltung, soziale Ausgewogenheit und die langfristige Ausrichtung der Infrastruktur ist jedoch begrenzt.

Praxisbeispiel: Industriepark Höchst

Industrienetze werden von standorteigenen Infrastrukturbetreibern errichtet und betrieben. Infraserv Höchst betreibt im Industriepark Höchst ein umfangreiches Kälte-, Wärme- und Mediennetz für industrielle und chemische Produktionsprozesse. Die Kälte wird zentral erzeugt und über leistungsfähige Netze an industrielle Abnehmer verteilt. Das Modell ist auf hohe Leistungsdichten, Versorgungssicherheit und Prozessstabilität ausgelegt und dient primär der industriellen Wertschöpfung.

Welches Betreibermodell ist geeignet?

Die verschiedenen Betreibermodelle für Fernkältesysteme unterscheiden sich deutlich hinsichtlich Finanzierungskraft, Umsetzungsgeschwindigkeit, Steuerbarkeit und Risikoverteilung.

Kommunale und kommunal geprägte Modelle ermöglichen in der Regel eine gute Einbindung in lokale Klimaziele und städtebauliche Strategien, erfordern jedoch eine ausreichende finanzielle Leistungsfähigkeit und sind häufig mit längeren Umsetzungszeiträumen verbunden. Das Modell eignet sich insbesondere für Kommunen mit etablierten Stadtwerken, gemischt genutzten Quartieren und städtischen Entwicklungsgebieten.

Contracting- und PPP-Modelle eignen sich besonders für größere Projekte, neue Quartiere, Rechenzentren oder Standorte mit initial hohem Kältebedarf, bei denen eine schnelle Realisierung erforderlich ist.

Rein private Modelle, wie sie häufig in Gewerbe- oder Industrieparks zum Einsatz kommen, eignen sich insbesondere für klar abgegrenzte Areale mit gut kalkulierbaren Lastprofilen. Für die kommunale Wärme- und Kälteplanung ist dieses Modell vor allem als Kooperations- oder Ergänzungsmodell relevant, weniger als zentrales Steuerungsinstrument.

Als Zwischenstufe kombinieren hybride Modelle Elemente kommunaler und privater Ansätze.

Ein allgemeingültiges „richtiges“ Betreibermodell gibt es nicht. Insgesamt hängt die Eignung eines Betreibermodells maßgeblich von der Struktur des Kältebedarfs, der finanziellen Leistungsfähigkeit der beteiligten Akteure, den strategischen Zielsetzungen der Kommune sowie der gewünschten Verteilung von Bau-, Betriebs- und Marktrisiken ab. Ein frühzeitiger Abgleich dieser Faktoren ist entscheidend für die Auswahl eines tragfähigen Modells.

Wirtschaftliche Grundlagen und Risiken

Die Wirtschaftlichkeit von Fernkältesystemen wird maßgeblich durch die hohen Anfangsinvestitionen für Netz und zentrale Erzeugung bestimmt. Innerstädtische Tiefbauarbeiten, Trassenführung und die Wahl der technischen Auslegung sind dabei zentrale Kostentreiber. Auf der Erlösseite sind langfristig gesicherte Abnahmeverträge mit Ankerkunden entscheidend, da sie Planungssicherheit schaffen und die Finanzierung ermöglichen.

Ein wesentliches Risiko besteht darin, dass der Kältebedarf in einzelnen Gebieten zunächst gering ist und eine kritische Masse an Abnehmer*innen erst über mehrere Jahre erreicht wird. Hinzu kommt der Wettbewerb mit dezentralen Lösungen, die zwar geringere Anfangsinvestitionen erfordern, langfristig jedoch meist ineffizienter sind.

Regulatorische und genehmigungsrechtliche Aspekte spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Insbesondere wasser- und umweltrechtliche Verfahren können zeitintensiv sein und erfordern eine frühzeitige Abstimmung mit den zuständigen Behörden.

Erfolgsfaktoren

Unabhängig vom gewählten Betreibermodell haben sich mehrere Erfolgsfaktoren herauskristallisiert. Von zentraler Bedeutung ist die frühzeitige Sicherung von **Ankerkunden** mit hohem und verlässlichem Kältebedarf (siehe Praxisbeispiel in Abschnitt 4.1). Ebenso entscheidend ist die **Integration von Wärme- und Kälteinfrastruktur**, etwa durch die Nutzung von Abwärme oder den Einsatz von Wärmepumpen als gemeinsame Erzeugungseinheiten.

Die **Nutzung lokaler Umweltquellen** wie Grund- oder Oberflächenwasser kann Investitions- und Betriebskosten senken und die Klimabilanz verbessern. Digitale Systeme ermöglichen zudem eine effizientere Betriebsführung und ein verbessertes Lastmanagement. Ergänzend können Speicherlösungen und lastverschiebende Betriebsweisen künftig zusätzliche Flexibilität bieten.

Praxisbeispiel: Wien - Vom Inselbetrieb zum Fernkältenetz

Die Entwicklung der Fernkälte in Wien hat sich seit den 2000er-Jahren von einem Pilotprojekt zu einer tragenden Säule der städtischen Klimastrategie entwickelt. Heute betreibt Wien Energie sowohl Fernkältezentralen ohne Kältenetz (Inselbetrieb), als auch Kältezentralen mit angeschlossenem Kältenetz.

Den Beginn stellte die Kälteversorgung des Büroviertel TownTown im 3. Wiener Gemeindebezirk (Erdberg) dar, die im Jahr 2007 durch die erste Fernkälteanlage in Betrieb ging. Sie nutzte eine Kombination aus zentralem System und Betonkernaktivierung zur Kühlung der Büroviertels. Der Ausbau von Kältezentralen und Netz in der Innenstadt erfolgt kunden- und bedarfsorientiert. Die Kältezentrale Renngasse ist seit 2012 in Betrieb mit 6 MW Kälteleistung, die Kältezentrale Schottenring seit 2013 mit 18 MW und die Kältezentrale Stubenring seit 2022. Im Jahr 2024 ist die Fernkälteleitung unter der Ringstraße zur Verbindung der beiden Kältezentralen Schottenring und Stubenring mit einer Länge von 4,7 km fertig gestellt worden. Die jüngste Kältezentrale am MedUni Campus mit rund 18 MW Kälteleistung und Eisspeicher ist 2025 in Betrieb genommen worden.

Eine Möglichkeit, mit der Herausforderung anfänglich unzureichender Kältenachfrage umzugehen, ist ein schrittweiser Ausbau oder **„Insel-zu-Netz"-Modell**. Dabei bietet der Betreiber zunächst dezentrale Lösungen an, und verbindet die Kunden ab einer kritischen Masse zu einem Netz. Dieses Vorgehen erlaubt einen modularen Ausbau, der sich an der tatsächlichen Nachfrage orientiert, und reduziert dadurch anfängliche Investitionsrisiken. Gleichzeitig steigt der Koordinationsaufwand, und der Aufbau einer kritischen Masse an Abnehmern kann länger dauern. Solche Modelle sind vor allem in Wachstumsgebieten oder bei unsicherer Nachfrage sinnvoll.

Für Kommunen ist es zudem wichtig, Fernkälte frühzeitig in städtische Planungsprozesse einzubetten, etwa über Stadtklimaanalysen, Entwicklungsstrategien und die kommunale Wärmeplanung. Eine frühzeitige Abstimmung zu genehmigungsrechtlichen Anforderungen trägt wesentlich zur Reduktion von Planungs- und Umsetzungsrisiken bei.

5.2 Regulatorischer Rahmen und Förderung

Der rechtliche Rahmen für Fernkältesysteme wird zunehmend auf europäischer Ebene geprägt und schrittweise in nationales Recht überführt. Für Kommunen und Netzbetreiber ergibt sich daraus eine wachsende Bedeutung der strategischen Einbindung von Kälte in bestehende Planungs- und Transformationsprozesse.

Auf europäischer Ebene setzen insbesondere die novellierte Energieeffizienzrichtlinie (EED), die Richtlinie zu erneuerbaren Energien (RED) sowie die überarbeitete Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) den Rahmen für eine klimafreundliche Wärme- und Kälteversorgung. Die EED verpflichtet Betreiber bestehender Fernwärme- und Fernkältesysteme, bis Anfang 2025 Umstellungspläne zur schrittweisen Dekarbonisierung vorzulegen, sofern die Systeme noch nicht als effizient gelten. Darüber hinaus fordert die Richtlinie, dass Kommunen – mindestens ab einer Größe von 45.000 Einwohner*innen – lokale Pläne für die Wärme- und Kälteversorgung erarbeiten, sowie Potenziale zur Effizienzsteigerung, zur Nutzung von Abwärme und zur Integration erneuerbarer Energien identifizieren. Darüber hinaus sollen Umsetzungsstrategien entwickelt werden. Damit wird die integrierte Betrachtung von Wärme und Kälte mittelfristig verbindlicher Bestandteil der kommunalen Energieplanung.

Die RED konkretisiert diese Anforderungen, indem sie ein indikatives Ausbauziel für Fernwärme und -kälte vorgibt: Der Anteil erneuerbarer Energien sowie von Abwärme und Abkälte soll bis 2030 jährlich deutlich steigen. Zudem werden Transparenzanforderungen an den Energie- und Emissionsmix der Netze formuliert und der Zugang für erneuerbare Wärme- und Rückkühlquellen gestärkt. Die EPBD ergänzt diesen Rahmen, indem sie effiziente Fernkältesysteme in die energetische Bewertung von Gebäuden einbezieht und Anforderungen an Effizienz, Automatisierung und Inspektion gebäudetechnischer Kälteanlagen definiert.

In Deutschland bildet das Wärmeplanungsgesetz den zentralen nationalen Rahmen für die kommunale Energieinfrastrukturplanung. Es verpflichtet Kommunen zur Erstellung kommunaler Wärmepläne, adressiert bislang jedoch primär die Wärmeversorgung. Eine systematische Einbindung der Kälteversorgung ist derzeit noch nicht geregelt, wird jedoch durch die europäischen Vorgaben perspektivisch an Bedeutung gewinnen. Flankierend setzt das Bundes-Klimaschutzgesetz verbindliche Emissionsziele für den Gebäudesektor und unterstreicht damit die Relevanz effizienter und klimafreundlicher Kälteversorgungslösungen.

Förderseitig bestehen derzeit nur begrenzte spezifische Instrumente für Fernkälte. Die Kälte-Klima-Richtlinie im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative fördert zwar keine Fernkältesysteme als solche, ermöglicht jedoch Zuschüsse für große stationäre Kälte- und Klimaanlagen, die auch Bestandteil eines Fernkältesystems sein können. Förderfähig sind unter anderem effiziente Kälteerzeugungsanlagen, die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die Umrüstung auf natürliche Kältemittel. Das Programm ist bis Ende 2026 befristet.

Eine direkte Förderung von Kältenetzen enthält das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, das Investitionszuschüsse für Kältenetze vorsieht, sofern diese von thermisch angetriebenen Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen gespeist werden. Strombasierte zentrale Kompressionskältemaschinen sind von dieser Förderung jedoch ausgeschlossen. Für die Praxis bedeutet dies, dass die Förderfähigkeit stark von der gewählten Erzeugungstechnologie abhängt.

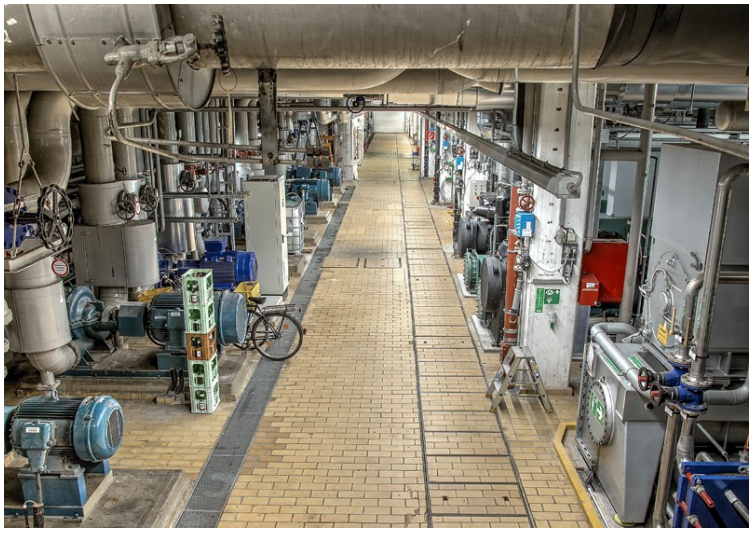
In einige Bundesländern besteht die Möglichkeit einer Förderung über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).

Für Kommunen ergibt sich daraus insgesamt ein heterogener, aber zunehmend verbindlicher regulatorischer Rahmen. Auch wenn Fernkälte bislang nicht flächendeckend reguliert oder gefördert wird, sprechen die europäischen Vorgaben klar dafür, Kälte frühzeitig in die kommunale Wärmeplanung einzubeziehen und Synergien bei Infrastruktur, Erzeugung und Dekarbonisierung zu nutzen.

6 Praxisbeispiele

Luftgekühltes Kältenetz: City Nord Hamburg

Standort:	Hamburg
Wärmesenke:	Luft
Netztyp:	Kältenetz
Temperatur:	VL 6-8 °C / RL 12-15 °C
Leitungslänge:	12 km
Kälteleistung:	38,5 MW
Anschlüsse:	fast jedes klimatisierte Gebäude der Bürostadt ist angeschlossen
Betreiber:	Hamburger Energiewerke GmbH im Auftrag der Fernkälte Geschäftsstadt Nord GbR (städtischer Energieversorger)
Inbetriebnahme:	1968



Bildquelle: © City Nord

Beschreibung Kältenetz

Die City Nord ist ein Büroviertel mit aktuell 29 großen Gebäuden (v. a. Büros, z. T. Hotels, Gewerbeflächen und Wohneinheiten) in Hamburg und wird bereits seit 1968 mit einem Kältenetz versorgt. Dafür gründete sich eine eigene GbR mit aktuell 15 Eigentümern, die einen großen Hamburger Energieversorger mit dem Betrieb beauftragte (ursprünglich die Hamburgischen Electricitäts-Werke, zwischenzeitlich Vattenfall, nun in die Hamburger Energiewerke übergegangen). Die Kälteerzeugung dient der Selbstversorgung der in der City Nord ansässigen Unternehmen, die neben Büroflächen auch eigene Rechenzentren und Serverräume betreiben. Der Betrieb ist teilweise strommarktorientiert, indem auf die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien reagiert und das Netz als Energiespeicher genutzt wird.

Anlagentechnik

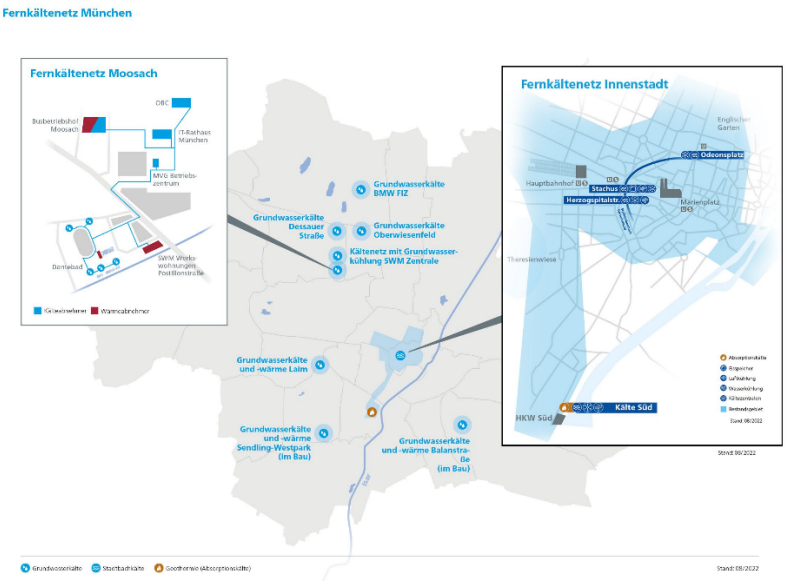
Das Kältewerk besteht aus zwei Halbwerken (16,6 MW und 21,9 MW) mit je vier Kältemaschinen. Die Kältemaschinen werden durch Verdunstungskühler und Trockenkühler rückgekühlt, welche sich auf dem Dach des Kältewerks befinden. Z. T. wird im Betrieb auch freie Kühlung genutzt (letzte Info dazu von 2018 vor der Modernisierung). Von 2019 bis 2021 wurde das Fernkältewerk zuletzt weitreichend saniert und wird seitdem mit erneuerbaren Energien betrieben.

Quellen

(Fernkälte Geschäftsstadt Nord GbR, 2026; Hamburger Energiewerke, 2020; Vattenfall, 2018a)

Fernkälte und Grundwasserkälte München: M-Fernkälte

Standort:	München
Wärmesenke:	Luft/Flusswasser/ Abwärme; Grundwasser
Netztyp:	Kältenetz
Temperatur:	VL 6-10 °C / RL 16 °C
Leitungslänge:	25 km; 13 km
Kälteleistung:	86 MW; 16 MW
Anschlüsse:	125 Hauptnetz; 12 kleinere Netze
Betreiber:	Stadtwerke München
Inbetriebnahme:	2011



Bildquelle: Stadtwerke München

Beschreibung Kältenetz

Die Stadtwerke München versorgen über 120 Liegenschaften in der dicht bebauten Münchener Innenstadt über ein Fernkältenetz und betreiben kleinere Fernkältenetze in anderen Stadtteilen. Zusätzlich bieten die Stadtwerke München Contracting-Modelle für Kälteversorgung an. Damit werden unterschiedliche städtische Versorgungsbereiche und Lastprofile abgedeckt – von der Komfortkühlung (Temperierung/Entfeuchtung) bis hin zu Technik- und Objektkühlung sowie Lebensmittelkühlung. Die ans Netz angeschlossenen Gebäude sind hauptsächlich Büros, Rechenzentren, Hotels, Kaufhäuser, Geschäfte und Warenhäuser. Die Stadtwerke München konnten innovative Lösungen in der Leitungsverlegung und Netzintegration entwickeln, um mit dem begrenzten Platz im Boden im Innenstadtbereich umzugehen (s. Exkursbox in Abschnitt 3.1 für Details)

Anlagentechnik

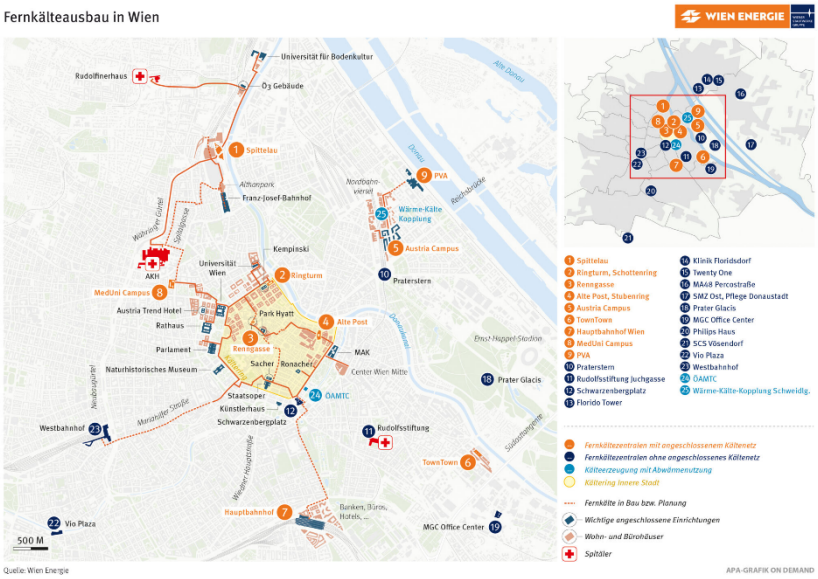
Das Innenstadtnetz wird aus mehreren Quellen gespeist: in drei Kältezentralen werden Kältemaschinen mit Luftkühlung sowie die Kälte aus einem unterirdisch verlaufendem Stadtbach genutzt, eine weitere Erzeugungsanlage befindet sich im Bau. Zusätzlich wird Wärme aus einem Geothermie- und KWK-Standort mittels Absorptionskältemaschinen für das Innenstadtnetz nutzbar gemacht. Ergänzt werden die Kältezentralen durch einen Eisspeicher, der Kälte speichern und zu Verbrauchsspitzen am Folgetag abgeben kann. Die acht kleineren Netze werden hauptsächlich durch Kälte aus Grundwasser versorgt, teils aus 22 Brunnen, teils aus 13 verschiedenen U-Bahn-Dükern.

Quellen

(Krystallas, 2018; Reichl, & Krystallas, 2024; Stadtwerke München, 2024, 2026; Stadtwerke München & Bilfinger, 2022)

Flussgekühltes Kältenetz: Wien

Standort:	Wien
Wärmesenke:	Luft/Flusswasser/ Abwärme
Netztyp:	Kältenetz
Temperatur:	VL 6 °C / RL 16 °C
Leitungslänge:	30 km
Kälteleistung:	220 MW
Anschlüsse:	220 (Stand 2022)
Betreiber:	Wien Energie
Inbetriebnahme:	2008



Bildquelle: Wien Energie, © APA Grafik on Demand

Beschreibung Kältenetz

Wien Energie baut seit fast 20 Jahren einen Fernkältering um die Wiener Innenstadt auf. Der Energieversorger, der als Teil der Wiener Stadtwerke im Eigentum der Stadt liegt, bietet neben dem Fernkältenetz auch dezentrale Kältelösungen inkl. Fußbodenkühlung im Wohnbereich an. Aufgrund der steigenden Nachfrage soll die thermische Leistung bis zum Jahr 2030 auf 350 MW ausgebaut werden. Das Fernkältenetz versorgt hauptsächlich gewerblich genutzte Gebäude und öffentliche Einrichtungen. In ausgewählten Vierteln wurde die Kälteversorgung aber auch im Wohnungsbau berücksichtigt.

Anlagentechnik

Acht Fernkältezentralen, eine davon mit Eisspeicher, um Bedarfsspitzen auszugleichen; zusätzlich 17 Fernkältezentralen, die nicht ans Netz angeschlossen sind. In diesen Kältezentralen kommen luftgekühlte Kältemaschinen zum Einsatz. Je nach Lage wird in einigen Kältezentralen auch Flusswasser aus dem Donaukanal zur Kälteerzeugung verwendet. Auch die Rückkühlung erfolgt z. T. über Flusswasser.

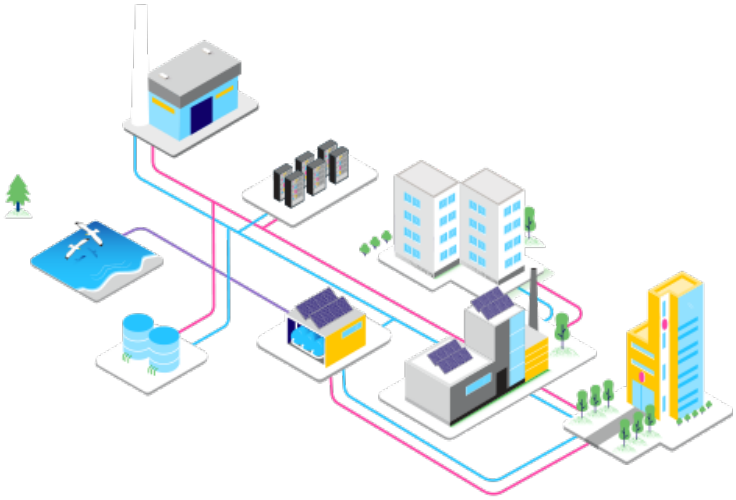
Abwärme aus Müllverbrennungs- und KWK-Anlagen wird ebenfalls für das Fernkältenetz genutzt. Umgekehrt versorgt die Fernkältezentrale am Hauptbahnhof im Winter bis zu 800 Haushalte mit der bei der Kälteerzeugung entstehenden Abwärme.

Quellen

(Der Standard, 2025; Wien Energie, 2025, 2026; Wien ORF, 2025)

Gleichzeitige Wärme- und Kälteerzeugung: Helsinki

Standort:	Helsinki
Wärmesenke:	Abwasser/ Meerwasser/Luft
Netztyp:	Kältenetz
Leitungslänge:	101 km
Kälteleistung:	243 MW (produzierte Kälteleistung 2024)
Betreiber:	Helen Ltd
Inbetriebnahme:	2000



Bildquelle: © Helen

Beschreibung Kältenetz

Der Plan für ein Fernkältenetz in Helsinki entstand bereits 1998 auf Basis von steigender prognostizierter Kältenachfrage. Der Betreiber Helen ist im Eigentum der Stadt Helsinki. Erfahrungswerte aus der Fernwärme konnten auf den Bau des Kältenetzes übertragen werden und die Fernkälteerzeugung wurde von Anfang an integriert mit der Fernwärmeerzeugung gedacht.

Fernkälte ist in Helsinki auch ein ökonomisches Erfolgsmodell: schon nach wenigen Jahren war die Kälteversorgung eine profitable Abteilung des Unternehmens und konnte sich halten und wachsen, ohne von anderen Sparten oder durch öffentliche Fördermittel querfinanziert zu werden. Das Fernkältenetz versorgt hauptsächlich gewerblich genutzte und öffentliche Gebäude, aber auch Wohngebäude.

Anlagentechnik

Der Großteil der Kälteerzeugung erfolgt durch Wärmepumpen, die bspw. Abwasser und Meerwasser nutzen, dazu kommen kleinere Anteile durch Kompressions-kältemaschinen, Absorptions-kältemaschinen und freie Kühlung durch Meerwasser. Helsinki setzt dabei auf Großwärmepumpen, die sowohl Wärme als auch Kälte erzeugen. Ein Beispiel ist Katri Vala, eine Großwärmepumpe, die hauptsächlich auf Basis von Abwasser sowohl 160 MW Fernwärme als auch 100 MW Fernkälte produziert. Erwärmtes Rücklaufwasser aus dem Fernkältenetz wird hier ebenfalls zur Wärmeerzeugung genutzt.

Quellen

(Euroheat & Power, 2015; Helen, 2020a, 2020b, 2025; Helsingin Energia, 2013; YLE, 2025)

Kalte Nahwärme im Bestand: Innsbruck

Standort:	Innsbruck
Wärmesenke:	Grundwasser
Netztyp:	Kalte Nahwärme/ Grundwassernetz
Temperatur:	VL 10-14 °C / RL max. 20 °C
Kälte- *und* Wärmeleistung:	3 MW
Anschlüsse:	18
Betreiber:	Innsbrucker Kommunalbetriebe
Inbetriebnahme:	2017



Bildquelle: Innsbrucker Kommunalbetriebe AG (IKB)

Beschreibung Kältenetz

In der Innsbrucker Innenstadt bieten die Innsbrucker Kommunalbetriebe (IKB) eine innovative Lösung zur Wärme- und Kälteversorgung an: drei z. T. zusammenhängende Grundwassernetze, weitere sind aktuell in Planung. Damit versorgt werden vor allem gewerblich genutzte Gebäude und öffentliche Einrichtungen. Historisch wurden die Grundwasserbrunnen in Innsbruck vor allem zum Kühlen genutzt; die IKB möchte nun auch verstärkt den Heizaspekt aufbauen. Dafür gibt es zwei Gründe: (1) um Gasheizungen zu ersetzen und (2) um das volle Potenzial des Grundwassers auszuschöpfen, da es eine verhältnismäßig teure Ressource ist. Das Potenzial zur Netznutzung und damit der effizienten Belieferung mehrerer Gebäude steht dabei z. T. in Konflikt mit historisch gewachsener Einzelnutzung durch bestehende Brunnen auf Privatgrundstücken. In Innsbruck steht das Grundwasser grundsätzlich zur thermischen Nutzung zur Verfügung, da Trink- und Brauchwasserbedarfe der Stadt aus anderen Quellen gedeckt werden.

Anlagentechnik

Um auf das Grundwasser zugreifen zu können, wurden ca. 20-50 Meter tiefe Förder- und Schluckbrunnen gebohrt, in denen das Wasser gefördert und dann wieder in den Grundwasserhaushalt zurückgeführt wird. Zwischen den zwei Brunnen läuft jeweils das Grundwasser durch das Netz und seine thermische Energie wird mit Wärmetauschern an das Wassersystem der angeschlossenen Gebäude übertragen: geheizt wird mit einer zusätzlichen Wärmepumpe, gekühlt wird über freie Kühlung oder bei Bedarf ebenfalls durch Wärmepumpen. Auf diese Art können 5-6 kWh Heiz- oder Kühlenergie pro m^3 Grundwasser gewonnen werden. Die zulässige Obergrenze von 20 °C für die Rücklauftemperatur wird durch die Wasserrechtsbehörde kontrolliert. Das Ziel der IKB ist weiterhin, die Wärmeentnahme im Winter mit der Wärmeeinspeisung im Sommer auszugleichen, um die Temperatur des Grundwasserspeichers nicht langfristig zu verändern.

Quellen

(IKB, 2023, 2025; Tirol ORF, 2024)

Kalte Nahwärme im Neubau: Bad Nauheim Süd

Standort:	Bad Nauheim
Wärmesenke:	Erdreich
Netztyp:	Kalte Nahwärme
Temperatur:	VL 10 °C
Leitungslänge:	13 km
Wärmebedarf der Gebäude:	ca. 3 GWh
Anschlüsse:	ca. 120 Anschlüsse für ca. 400 Wohneinheiten
Betreiber:	Stadtwerke Bad Nauheim
Inbetriebnahme:	2021



Bildquelle: © Stadtwerke Bad Nauheim

Beschreibung Kältenetz

In einem Neubaugebiet in Bad Nauheim verlegten die örtlichen Stadtwerke ein kaltes Nahwärmenetz, um Wärme- und Kälteversorgung anzubieten. Das Geschäftsmodell wurde ohne Anschlusszwang entwickelt, stattdessen wurde auf intensives Marketing und Beratungsangebote gesetzt. Die Stadtwerke bieten ein Contracting-Modell an, in dem sie die Wartung und Unterhaltskosten übernehmen, so dass für die Kunden keine zusätzlichen Kosten anfallen. Auf eine Grundgebühr und einen Preis für die Kälteversorgung wurde ebenfalls verzichtet; die Kunden zahlen nur einen einmaligen Anschlusspreis und danach den Wärmepreis. Dafür verbleiben die dezentralen Wärmepumpen im Besitz der Stadtwerke. Ein zweites kaltes Nahwärmenetz in einem anderen Neuwärmegebiet befindet sich aktuell in der Entwicklung.

Anlagentechnik

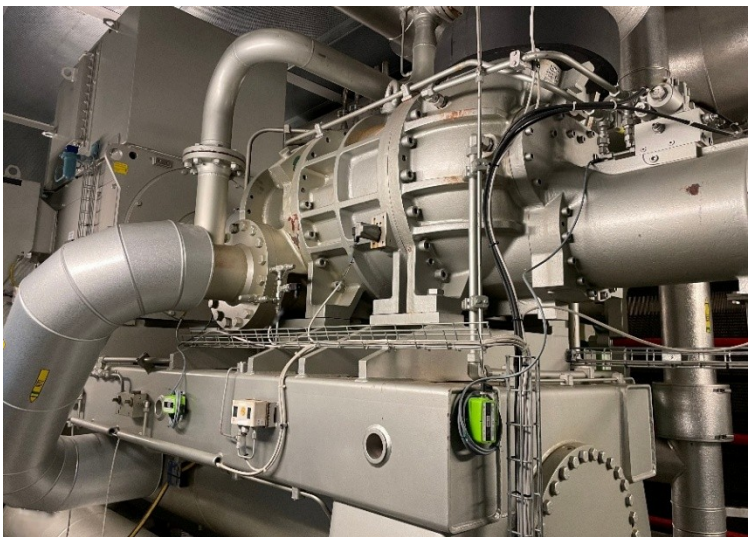
Das Verteilnetz besteht aus ungedämmtem Kunststoffrohr, ergänzt durch dezentrale Wärmepumpen in jedem Gebäude. Ein großer Erdwärmekollektor, der in zwei Schichten unter 11.200 m^2 Fläche liegt (ca. 22.000 m^2 Gesamtkollektorfläche) und 51 km Kollektorrohr umfasst, entnimmt Wärme auf einem Temperaturniveau von ca. 10 °C in 1,5 bis 3 Metern Tiefe. Trägerstoff ist ein Sole-Glykol-Gemisch, von dem ca. 250.000 Liter durch das Kollektor- und Rohrnetz fließen und mit drei Netzpumpen (je bis zu 11 kW Spitzenleistung) im Verteilnetz gesteuert werden.

Quellen

(Faust, 2025; LEA, 2026; nPro Energy, 2026; Regionalverband FrankfurtRheinMain, 2026; Stadtwerke Bad Nauheim, 2026a, 2026b; Zeh & Stockinger, 2022)

Betriebsmodell Industriepark: Industriepark Höchst

Standort:	Frankfurt/Main
Wärmesenke:	Luft/Wasser
Netztyp:	Kältenetze
Temperatur:	VL -12 bis 12 °C
Kälteleistung:	115 MW
Anschlüsse:	alle produzierenden Unternehmen im Industriepark Höchst
Betreiber:	Infraserv Höchst
Inbetriebnahme:	1954



Bildquelle: Infraserv GmbH & Co. Höchst KG, 2026

Beschreibung Kältenetz

Im Industriepark Höchst werden über 90 Unternehmen auf Wunsch mit Kälte versorgt. Der Standortbetreiber Infraserv Höchst versteht sich dabei als Allround-Dienstleister, der neben Kälte-, Wärme-, und Stromversorgung bspw. auch Entsorgung und Gefahrenabwehr übernimmt. Je nach Anforderungen der Kunden werden individuelle Lösungen gefunden, daher gibt es eine Vielzahl an Kältenetzen mit unterschiedlichen Vorlauftemperaturen sowie dezentrale Lösungen. Versorgungssicherheit hat für die Belieferung der Industriekunden hohe Priorität, auch Exklusivnetze für einzelne Kunden sind möglich.

Anlagentechnik

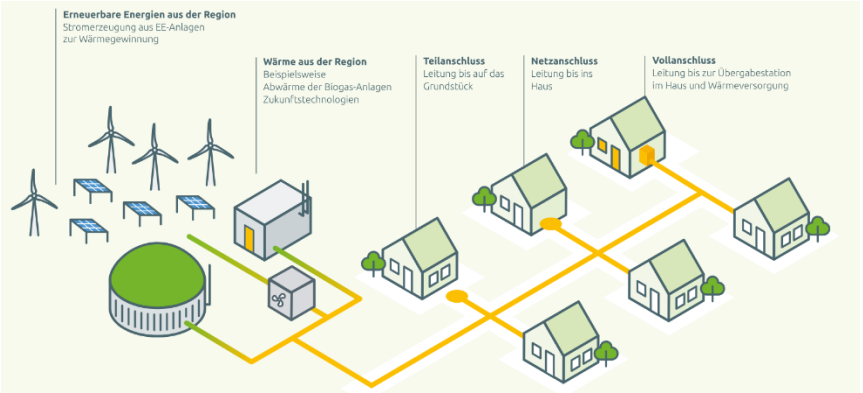
Die unterschiedlichen Kältenetze werden je nach Vorlauftemperatur und Einsatzzweck mit Wasser, Kühlsole, oder Ammoniak betrieben, weiterhin werden auch Netzlösungen zur Rückkühlung für Industrieprozesse angeboten.

Zur Erzeugung von Kälte kommen überwiegend Kompressionskältemaschinen zum Einsatz. Die Rückkühlung erfolgt durch Nasskühltürme sowie Luftkühlung.

Quellen

(Industriepark Höchst, 2026a, 2026b; infraserv Höchst, 2026)

Betriebsmodell Public-Private-Partnership: Fernwärme Buttenwiesen



Bildquelle: GP Joule

Standort:	Buttenwiesen
Netztyp:	Wärmenetz
Leitungslänge:	20 km
Wärmeleistung:	4,5 MW Erzeu-gerkapazität
Anschlüsse:	229, weitere geplant
Betreiber:	GP Joule im Auftrag der Renergiewerke Buttenwiesen
Inbetriebnahme:	2012

Beschreibung Wärmenetz

Public-Private-Partnerships, wie in der Fernwärmeversorgung für Buttenwiesen in Bayern, können die Finanzierung sicherstellen, die Expertise des privaten Sektors nutzen und die Mehrheitsrechte gleichzeitig in öffentlicher Hand belassen. In der Fernkälteversorgung werden solche Modelle bisher nicht genutzt, daher wird hier ein Wärmenetz vorgestellt. In Buttenwiesen gründeten sich die Renergiewerke als Gemeindewerke in einer Partnerschaft aus der Gemeinde (55%) und GP Joule (45%). Die Gemeinde übernahm die Bürgschaft für die Finanzierung, was für die Geldgeber attraktiv war. Zusätzlich wurden Fördermittel in Anspruch genommen. Das Netz versorgt Privathaushalte, Betriebe und kommunale Einrichtungen; die Gebäude in zwei Neubausiedlungen wurden verpflichtend angeschlossen. Der weitere Ausbau des Netzes ist geplant mit dem Ziel, eine flächendeckende Fernwärmeversorgung in allen Ortsteilen anzubieten.

Anlagentechnik

Mit einer Kombination aus lokalen Biogas- und Biomasseanlagen, einer Großwärmepumpe und lokal erzeugtem grünen Strom in einer geplanten Power-to-Heat-Anlage wird die im Netz benötigte Wärme erzeugt.

Quellen

(Agentur für erneuerbare Energien, 2023; Gemeindeverwaltung Buttenwiesen, 2026; GP JOULE, 2026)

Danksagung

Ein Entwurf dieses Leitfadens wurde im Rahmen der Abschlussveranstaltung des Projektes „Nachhaltige Kälte- und Wärmeversorgung urbaner Räume mittels Fernkälte- bzw. Fernwärmenetzen unter dem Einsatz energieeffizienter und HFKW-freier Techniken“ vorgestellt. Die Autor*innen danken den folgenden Personen für ihr fachkundiges und konstruktives Feedback:

Dr. Andrej Jentsch, AGFW

Dr. Patrick Krystallas, Stadtwerke München (SWM)

Dr. Pascal Koschwitz, AGFW

Boris Lubinski, AGFW

Guido Schwabe, AGFW

Andreas Zich, Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW)

Glossar

Abkürzung	Bezeichnung
ρ_W	Dichte von Wasser [kg/m³]
c_w	Spezifische Wärmespeicherkapazität von Wasser [kJ/(kg K)
$\dot{Q}$	Wärme/Kälteleistung [MW]
$\dot{V}$	Volumenstrom [m³/s]
Δ	Differenz
B2B	Business to Business (Geschäftsbeziehung zwischen Unternehmen)
COP	Leistungszahl (Coefficient of Performance)
DN	Nennweite / Nenndurchmesser eines Rohres
Düker	Rohrleitung unter Hindernis durch (z.B. unter Fluss oder Straße)
EED	Energieeffizienzrichtlinie (Energy Efficiency Directive)
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EnEfG	Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz)
EPBD	Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive)
FK	Fernkälte
FW	Fernwärme
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem (Geographic Information System)
HFKW	Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe
IKB	Innsbrucker Kommunalbetriebe
KM	Kältemaschine
KNW	Kalte Nahwärme
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
PE	Polyethylen (Kunststoff)
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen
PPP	Public-Private Partnership
PV	Photovoltaik
RED	Richtlinie zu erneuerbaren Energien (Renewable Energy Directive)
RLT-Anlagen	Raumlufttechnische Anlagen
TFA	Trifluoressigsäure
THG	Treibhausgas
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
u-HFCKW	Chlorierte ungesättigte HFKW
u-HFKW	Ungesättigte teilfluorierte Kohlenwasserstoffe

Abkürzung	Bezeichnung
UHVI	Urban Heat Vulnerability Index
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz

Abbildungen

Abbildung 1: Energieeinsparung durch Kältenetze gegenüber einer dezentralen Gebäudekühlung für das Fallbeispiel 26
Abbildung 2: Energieanteil der Herstellung im Fallbeispiel....27
Abbildung 3 Kumulierte Treibhausgasemissionen der Kälteversorgungsysteme im Vergleich über 60 Jahre (Inbetriebnahme 2025). 28
Abbildung 4: Materialaufwand der Systeme im Vergleich 30
Abbildung 5: Einfluss der Kälteliniendichte auf die Kältegestehungskosten im Fallbeispiel. 32
Abbildung 6: Einsatzgebiete der infrastrukturgebundenen und gebäudeindividuellen Wärme- und Kälteversorgung abhängig von der Wärme- und Kälteflächendichte. 34
Abbildung 7: Verteilung Herstellungskosten Kältenetz 36
Abbildung 8: Verteilung der Treibhausgasemissionen bei der Verlegung einer Kälteleitung (DN225) 36
Abbildung 9: Wärmepumpen-Kreisprozess mit Wärmeaufnahme aus dem Kältenetz und Wärmeabgabe an das Wärmenetz....41
Abbildung 10: Effizienzverbesserung durch eine zeitgleiche Kälte- und Wärmeerzeugung. 42
Abbildung 11: Schema der Integration der Kälteplanung in die kommunale Wärmeplanung 46
Abbildung 12: Ergebnisse Vorbereitungsphase 47
Abbildung 13: Ergebnisse Eignungsprüfung 49
Abbildung 14: Beispiel: GIS-Analyse von Gebieten mit potenzieller Kältenachfrage > 10 MW 52
Abbildung 15: Ergebnisse Bestandsanalyse 55
Abbildung 16: Ergebnisse Potenzialanalyse....58
Abbildung 17: Planung Integration Wärme- und Kälteversorgung 59
Abbildung 18: Ergebnisse Zielszenario 60
Abbildung 19: Ergebnisse Umsetzungsstrategie....63

Tabellen

Tabelle 1: Nennstromlast und Strombedarf der Systeme im Vergleich ...31
Tabelle 2: Zusammenstellung der Bewertungskategorien und Datenquellen zur Eignungsprüfung. 53
Tabelle 3: Spezifische Kühllast und Volllaststunden für eine Auswahl von Gebäudetypen 54

Quellenverzeichnis

AdV (2025). *ATKIS®-Digitale Landschaftsmodelle—Datensätze und Dienste der Länder: Basi*. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. https://www.adv-online.de/de/produkte/atkisr-digitale-landschaftsmodelle [Abgerufen am: 4. August 2026].

AGEB (2025). *Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland. Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken*. AGEB AG Energiebilanzen e.V. https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2024/11/AGEB_23e.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Agentur für erneuerbare Energien. (2023). *Energie-Kommune des Monats: Gemeinde Buttenwiesen*. https://www.unendlich-viel-energie.de/projekte/energie-kommunen/energie-kommune-des-monats-gemeinde-buttenwiesen [Abgerufen am: 5. August 2026].

Ahrendts, F., Drechsler, B., Hendricks, J., Küpper, J., Lang, S., Peil, T., Scholz, D., Timofeeva, E., Utri, M., Weidinger, L., Kraus, A., Weiß, U., & Müller, S. (2023). *Roll-out von Großwärmepumpen in Deutschland*. Fraunhofer-Gesellschaft. https://doi.org/10.24406/PUBLICA-1440.

Albers, K.-J., Recknagel, H., & Sprenger, E. (Hrsg.) (2024). *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik: Einschließlich Trinkwasser- und Kältetechnik sowie Energiekonzepte. Band 2* (82. Auflage, 2025/2026). ITM InnoTech Medien GmbH.

AMEV (2023). *RLT-Anlagen. Hinweise zur Planung, Ausführung und Betrieb von Raumlufttechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude*. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen BMWSB. https://www.amev-online.de/AMEVInhalt/Planen/Maschinenbau-und-Versorgungstechnik/RLT-Anlagen/RLT-Anlagen_Stand_01.07.2023.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Arendt, M., Haupt, L., Kremonke, A., Perschk, A., & Felsmann, C. (2020). *Kühlen mit (Bestands-)Heizungsanlagen*. IKZ-Fachplaner. September 2020. https://kueha.mw.tu-dresden.de/wp-content/uploads/Kuehlen-mit-Heizungsanlagen_mit-Nachgefragt.pdf [Abgerufen am: 28. Juli 2026].

Behringer, D. , Heydel, F., Gschrey, B., Osterheld, S., Schwarz, W., Warncke, K., Freeling, F., Nödler, K., Henne, S., Reimann, S., Blepp, M., Jörß, W., Liu, R., Ludig, S., Rüdenauer, I., & Gartiser, S. (2021). *Persistente Abbauprodukte halogenierter Kälte- und Treibmittel in der Umwelt: Art, Umweltkonzentrationen und Verbleib unter besonderer Berücksichtigung neuer halogenierter Ersatzstoffe mit kleinem Treibhauspotenzial* (Umweltbundesamt, Hrsg.) [TEXTE 36/2021. Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit Forschungskennzahl 3717 41 305 0 FB000452]. Umweltbundesamt. https://doi.org/10.60810/openumwelt-6283.

Bernard, T. (2024). *Optimierung von raumlufttechnischen Anlagen: „Das ist keine Raketenwissenschaft“—Energieforschung.de*. https://www.energieforschung.de/news/de/interview_optimierung_von_raumlufttechnischen_anlagen [Abgerufen am: 13. Februar 2026].

Boesten, S., Ivens, W., Dekker, S. C., & Eijdems, H. (2019). 5th generation district heating and cooling systems as a solution for renewable urban thermal energy supply. *Advances in Geosciences*, *49*, 129–136. https://doi.org/10.5194/adgeo-49-129-2019.

Brunner, A., Kriegers, M., Prochaska, V., & Tillenkamp, F. (2021a). *Klimakälte heute – Kluge Lösungen für ein angenehmes Raumklima*. Die Planer – SWKI, Urtenen-Schönbühl. https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9742 [Abgerufen am: 5. August 2026].

Buffa, S., Cozzini, M., D'Antoni, M., Baratieri, M., & Fedrizzi, R. (2019). 5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *104*, 504–522. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.059.

BWP (2025). *Neue Kältemittelstatistik: Eindeutige Markttrends erkennbar*. Bundesverband Wärmepumpe (BWP). https://www.waermepumpe.de/presse/news/details/neue-kaeltemittelstatistik-eindeutige-markttrends-erkennbar/ [Abgerufen am: 22. Januar 2026].

Calderoni, M., Babu Sreekumar, B., Dourlens-Quaranta, S., Lennard, Z., Rämä, M., Klobut, K., Wang, Z., Duan, X., Zhang, Y., Nilsson, J., & Hargo, L. (2019). *Sustainable District Cooling Guidelines. IEA DHC/CHP Report*. https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_XII/2020_IEA_DHC_Sustainable_District_Cooling_Guidelines_new_design.pdf [Abgerufen am: 4. August 2026].

City Nord (2022). Das Fernkältenetz in der City Nord. In: Hamburger Energiewerke. https://unternehmen.hamburger-energiewerke.de/wissen-themen/fernkaelte/das-fernkaeltenetz-in-der-city-nord [Abgerufen am: 4. August 2026].

Der Standard (2025). Wie wird in Zukunft in Wien gekühlt? - Edition Zukunft—derStandard.at › Edition Zukunft. *STANDARD Medien AG*. https://www.derstandard.at/story/3000000281632/wie-wird-in-zukunft-in-wien-gekuehlt [Abgerufen am: 5. August 2026].

Dohmann, J. (2016). *Thermodynamik der Kälteanlagen und Wärmepumpen: Grundlagen und Anwendungen der Kältetechnik* (1. Aufl. 2016). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49110-2.

Euroheat & Power (2015). Combined CHP&DHC System | Helsinki, Finland. *Global District Energy Climate Awards*. https://www.districtenergyaward.org/combined-heating-and-cooling-in-helsinki/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Faust, H. (2025). *Kalte Nahwärmenetze: „100 Prozent nachhaltig erzeugte Wärme für 400 Wohneinheiten funktioniert“*. https://www.energieforschung.de/. https://www.energieforschung.de/de/aktuelles/interviews/2025/kalte-nahwaermenetze-faust [Abgerufen am: 5. August 2026].

Fernkälte Geschäftsstadt Nord GbR (2026). *Fernkältewerk*. City Nord. https://city-nord.eu/de/city-nord/haeuser/fernkaeltewerk [Abgerufen am: 5. August 2026].

Fleiter, T., Rehfeldt, M., Hirzel, S., Neusel, L., Aydemir, A., Schwotzer, C., Kaiser, F., Gondorf, C., Hauch, J., Hof, J., Sankowski, L., & Langhorst, M. (2023). *CO2-neutrale Prozesswärmeerzeugung. Umbau des industriellen Anlagenparks im Rahmen der Energiewende: Ermittlung des aktuellen SdT und des weiteren Handlungsbedarfs zum Einsatz strombasierter Prozesswärmeanlagen.* Texte 161/2023. Umweltbundesamt, Hrsg. https://doi.org/10.60810/openumwelt-5850.

Friotherm AG (2017). *5 Unitop® 50FY heat pump / chiller units simultaneously generate 90 MW heat energy and 60 MW chilled water*. https://docslib.org/doc/4939864/5-unitop%C2%AE-50fy-heat-pump-chiller-units-simultaneously-generate-90-mw-heat-energy-and-60-mw-chilled-water [Abgerufen am: 5. August 2026].

Gemeindeverwaltung Buttenwiesen (2026). *Heute an morgen denken—Nachhaltige Energiegewinnung in Buttenwiesen*. https://www.buttenwiesen.de/regenerative-energien-2/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Giel, T. (2021). *Leitfaden Kalte Nahwärme. Ein Zukunftskonzept der kommunalen Energieversorgung*. Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH (Hrsg.), Mai 2021. https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Leitfaden_Kalte_Nahwaerme.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Goetschkes, C., Schmidt, D., Rogotzki, R., & Kanngießer, A. (2021). *Kältetechnik in Deutschland - Metastudie Kältebedarf Deutschland.* Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.). Oberhausen, 2021. https://doi.org/10.24406/publica-fhg-416751.

GP JOULE (2026). *Innovative Wärmeversorgung in Buttenwiesen*. https://www.gp-joule.com/de/referenzen/waerme/renergiewerke-buttenwiesen/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Grand View Research (2025). *Chillers Market - Size, Share & Trends Analysis| Report, 2026—2033*. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/chillers-market [Abgerufen am: 22. Januar 2026].

Gudmundsson, O., Dyrelund, A., & Thorsen, J. E. (2021). Comparison of 4th and 5th generation district heating systems. *E3S Web of Conferences*, *246*, 09004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124609004.

Günther, D., Wapler, J., Herkel, S., Helmling, S., Geimer, K., Miara, M., Nienborg, B., Uhl, A., Kähler, J., & Langner, R. (2025). *WP-QS IM BESTAND. Entwicklung optimierter Versorgungskonzepte und nachhaltiger Qualitätssicherungsmaßnahmen für Wärmepumpen im EFH-Bestand*. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Freiburg, 25.11.2025. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/projekte/WP-QS_Schlussbericht.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Günther, D., Bernicke, M., Bertram, A., Schiller, S., Bolland, T., Kludt, R., Kuntze, D., Dreher, M., Hausmann, K., Drosihn, D., Elsner, C., Langenfeld, J., Fiedler, T., Gohlisch, G., Kotzulla, M., Icha, P., Juhrich, K., Koppe, K., Koska, A., et al. (2023). *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2023 Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2021* (Umweltbundesamt, Hrsg.; CLIMATE CHANGE 28/2023). Umweltbundesamt. https://doi.org/10.60810/openumwelt-2527.

Hamburger Energiewerke (2020). *Effizientere Fernkältemaschinen kühlen City Nord*. Hamburger Energiewerke Presse. https://www.hamburger-energiewerke.de/ueber-uns/presse/effizientere-fernkaeltemaschinen-kuehlen-city-nord [Abgerufen am: 5. August 2026].

Hamburger Energiewerke (2022). *Das Fernkältenetz in der City Nord*. Hamburger Energiewerke. https://unternehmen.hamburger-energiewerke.de/wissen-themen/fernkaelte/das-fernkaeltenetz-in-der-city-nord [Abgerufen am: 14. Februar 2025].

Helen (2020a). *Cooling for companies*. https://www.helen.fi/en/companies/cooling-for-companies/cooling-for-companies [Abgerufen am: 5. August 2026].

Helen (2020b). *Cooling for housing companies*. https://www.helen.fi/en/companies/cooling-for-companies/cooling-for-housing-companies [Abgerufen am: 5. August 2026].

Helen (2025). *Helen Annual Review 2024*. https://www.helen.fi/globalassets/tietoa-meist%C3%A4/raportit-ja-julkaisut/helen_annual_review_2024.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Helsingin Energia (2013). *HELSINGIN ENERGIA'S DECENTRALIZED DISTRICT HEATING AND COOLING SYSTEM. The most energy efficient solution for providing energy for the smart city of Helsinki*. GLOBAL DISTRICT ENERGY CLIMATE Awards 2013. https://www.districtenergyaward.org/wp-content/uploads/2013/07/FI_Decentralized-DHC_Logo_Summary.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Höller, M. (2024). *Fernkälte in Wien. Innovative Lösungen und zukünftige Herausforderungen.* Unveröffentlichter Vortrag. UBA Fachgespräch Kältenetze. Umweltbundesamt. 19. November 2024.

Hutter, C., Eberle, A., Wöhrle, H., Neubert, L., Hausladen, G., Endres, E., & Klinski, S. (2023a). *Kühle Gebäude im Sommer. Anforderungen und Methoden des sommerlichen Wärmeschutzes.* Climate Change 14/2023. Umweltbundesamt, Hrsg.; Forschungskennzahl 3720 41 507 0. https://doi.org/10.60810/openumwelt-2641.

IKB (2023). *Die IKB errichtet erstmals Grundwassernetze*. Innsbrucker Kommunalbetriebe (IKB) Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht. https://nachhaltigkeit.ikb.at/jahr-2022/topthemen/klimaschutz-erneuerbare-energien-und-energieeffizienz/grundwassernetze/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

IKB (2025). Grundwasser: „Eine wirklich lokale Ressource". *Innsbrucker Kommunalbetriebe (IKB) Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht*. https://nachhaltigkeit.ikb.at/jahr-2024/topthemen/klimaschutz-erneuerbare-energien-und-energieeffizienz/grundwasser-eine-wirklich-lokale-ressource/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Industriepark Höchst (2026a). *Digitaler Zwilling optimiert Energie*. https://www.industriepark-hoechst.com/de/stp/medien/pressemeldungen/digitaler-zwilling-sorgt-fuer.energieoptimierung.html [Abgerufen am: 5. August 2026].

Industriepark Höchst (2026b). *Kälte & Kühlwässer | Industriepark Höchst*. https://www.industriepark-hoechst.com/de/stp/standort/standortleistungen/energie/lieferungen-und-loesungen-fuer-die-energieversorgung/kaelte-kuehlwaesser/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

infraserv Höchst (2026). *Kühlen von Prozessen und Industrie-Gebäuden—Infraserv.com*. https://www.infraserv.com/de/leistungen/energien/kaelte/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Jebamalai, J. M., Marlein, K., & Laverge, J. (2022). Design and cost comparison of district heating and cooling (DHC) network configurations using ring topology – A case study. *Energy*, *258*, 124777. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124777.

Keshawarz, S. (2021). *Gleichzeitiges Heizen und Kühlen mit einem 4-Leiter-System*. Kälte Klima Aktuell. https://www.kka-online.info/artikel/kka_Gleichzeitiges_Heizen_und_Kuehlen_mit_einem_4-Leiter-System-3693526.html [Abgerufen am: 13. Februar 2026].

Krystallas, P.-A. (2018). *Technische, organisatorische und ökonomische Analyse der Fernkälte am Projekt „Fernkälte München“*. Dissertation. Technische Universität München. https://mediatum.ub.tum.de/doc/1363296/document.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH. Kom.EMS - Kommunales Energiemanagement-System. https://www.komems.de/ [Abgerufen am: 28. Juli 2026].

LEA (2026). *Erfolgsgeschichten Hessen*. LEA - Landes Energie Agentur Hessen. https://www.lea-hessen.de/energiewende-in-hessen/erfolgsgeschichten/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Levsen, A., & Filser, M. (2022). *Klimaschutz in deutschen Krankenhäusern: Status quo, Maßnahmen und Investitionskosten. Auswertung klima- und energierelevanter Daten deutscher Krankenhäuser*. Deutsches Krankenhausinstitut e.V., Düsseldorf. https://www.dki.de/fileadmin//forschungsberichte/2022-01-25_DKI-Gutachten_Klimaschutz_in_deutschen_Krankenhaeusern_final-update.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Li, X., Yilmaz, S., Patel, M. K., & Chambers, J. (2023). Techno-economic analysis of fifth-generation district heating and cooling combined with seasonal borehole thermal energy storage. *Energy*, *285*, 129382. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129382.

Lund, H., Østergaard, P. A., Nielsen, T. B., Werner, S., Thorsen, J. E., Gudmundsson, O., Arabkoohsar, A., & Mathiesen, B. V. (2021). Perspectives on fourth and fifth generation district heating. *Energy*, *227*, 120520. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120520.

Medizinische Universität Wien (2025). *Fernkältezentrale mit innovativem Eisspeicher am MedUniCampus Mariannengasse geht in Betrieb*. Medizinische Universität Wien. News, 28.07.2025. https://www.meduniwien.ac.at/web/ueber-uns/news/2025/news-im-juli-2025/wien-energie-nimmt-achte-fernkaeltezentrale-mit-innovativem-eisspeicher-in-betrieb/ [Abgerufen am: 13. Februar 2026].

nPro (2026). *nPro—District Energy Planning Tool*. https://www.npro.energy. [Abgerufen am: 5. August 2026].

nPro Energy (2026). *Kalte Nahwärme in Bad Nauheim (Süd): Daten und Fakten*. https://www.npro.energy/main/de/5gdhc-networks/5gdhc-districts/bad-nauheim-sued [Abgerufen am: 5. August 2026].

Oppelt, T. (2015). *Modell zur Auslegung und Betriebsoptimierung von Nah- und Fernkältenetzen*. Dissertation. Technische Universität Chemnitz. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-179211 [Abgerufen am: 28. Juli 2026].

Ortner, S., Paar, A., Johannsen, L., Wachter, P., Hering, D., Pehnt, M., Acker, Y., Köhler, B., Bürger, V., Ott, B., Radgen, P., Kluge, C., Bartsch, A., Langreder, N., & Billerbeck, A. (2024). *Leitfaden Wärmeplanung.*

Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche. https://api.kww-halle.de/fileadmin/user_upload/Leitfaden_Waermeplanung_final_web.pdf [Abgerufen am: 28. Juli 2026].

OpenGIS4ET Team (2025).in citiwatts Wiki, Homepage. https://citiwatts.eu/map [Abgerufen am: 28. Juli 2026].

Popovski, E., Steinbach, J., Lohmann, S., Bunnenberg, L., Metz, J., Ortner, S., & Stange, H. (2026a). *Nachhaltige Kälte- und Wärmeversorgung urbaner Räume mittels Fernkälte- bzw. Fernwärmenetzen unter dem Einsatz energieeffizienter und HFKW-freier Techniken. Abschlussbericht (noch nicht veröffentlicht).* (Umweltbundesamt, Hrsg.).

Regionalverband FrankfurtRheinMain (2026). *Kalte Nahwärme Bad Nauheim*. Klima-Energie-Portal. https://www.klimaenergie-frm.de/Klima-Energie/Konzepte-Projekte/Energie-erleben/Kalte-NahwÃ€rme-Bad-Nauheim-SÃŒd/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Reichl, F., & Krystallas, P.-A. (2024). *Zentrale Kälteversorgung der Stadtwerke München*. Unveröffentlichter Vortrag. UBA Fachgespräch Kältenetze. Umweltbundesamt. 19. November 2024.

Rietschel, H., & Fitzner, K. (Hrsg.) (2008). *Raumklimatechnik: Band 2: Raumluft- und Raumkühltechnik* (16., völlig überarb. u. erw. Aufl. 2008). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68267-7.

Seidel, C., & Ostermann, L. (2024). *Grüne Nah- und Fernwärme aus Fließgewässern - Untersuchung für die 80 Großstädte in Deutschland*. Abschlussbericht. Technische Universität Braunschweig, November 2024. https://www.efzn.de/fileadmin/Sites/EFZN/Documents/efzn-Foerderung_2022-23/2024-12-Abschlussbericht-Hydro2HEAT.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Spencer, A. L. (2025). *Quantifizierung des Einflusses passiver Gebäudekühlung auf die erforderliche Länge von Erdwärmesonden in kalten Nahwärmenetzen. Masterarbeit*. TH Bingen University of Applied Sciences.

Stadtwerke Bad Nauheim (2026a). *Klimaneutrale Wärmeversorgung—Stadtwerke Bad Nauheim*. https://www.stadtwerke-bad-nauheim.de/waermeversorgung/kalte-nahwaerme/klimaneutrale-waermeversorgung-projekte [Abgerufen am: 5. August 2026].

Stadtwerke Bad Nauheim (2026b). *Wie funktioniert kalte Nahwärme—Stadtwerke Bad Nauheim*. https://www.stadtwerke-bad-nauheim.de/waermeversorgung/kalte-nahwaerme/wie-funktioniert-kalte-nahwaerme [Abgerufen am: 5. August 2026].

Stadtwerke München (2024). *Fernkälte: Klimatisierungssystem der Zukunft*. https://www.swm.de/unternehmen/magazin/energie/fernkaelte [Abgerufen am: 5. August 2026].

Stadtwerke München (2026). *Fernkälte: Das Klimatisierungssystem der Zukunft*. https://www.swm.de/geschaeftskunden/fernkaelte [Abgerufen am: 5. August 2026].

Stadtwerke München & Bilfinger (2022). *Pressemitteilung 9. August 2022: Klimaschonend kühlen mit Fernkälte*. https://www.bilfinger.com/fileadmin/One_Global_Website/News/Press_Release/2022/2022-08-09_Bilfinger-Klimaschonend_kuehlen_mit_Fernkaelte.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Swedblom, M., Mattsson, P., Tvärne, A., Frohm, H., & Rubenhag, A. (2015). *Rescue - Renewable Smart Cooling for Urban Europe. Work package 2. District cooling and the customers' alternative cost*. Capital Cooling Energy Service AB, Stockholm.

Tirol ORF (2024). *IKB-Grundwassernetz zum Heizen und Kühlen*. tirol.ORF.at. https://tirol.orf.at/stories/3275853/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

UBA (2025). *Nächster Meilenstein im PFAS-Beschränkungsverfahren erreicht | Umweltbundesamt*. https://www.umweltbundesamt.de/themen/naechster-meilenstein-im-pfas [Abgerufen am: 22. Januar 2026].

Urbaneck, T. (2012). *Kältespeicher: Grundlagen, Technik, Anwendung*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2012. https://doi.org/10.1524/9783486719888.

Vattenfall (2018a). *Kälte mit Zukunft für die City Nord*. Vattenfall Newsroom. https://group.vattenfall.com/de/newsroom/blog/2018/august/fernkalte-fur-die-city-nord [Abgerufen am: 5. August 2026].

Vattenfall (2018b). *Wie funktioniert das Fernkältewerk in der City Nord?* Vattenfall. https://group.vattenfall.com/de/newsroom/blog/2018/august/wie-funktioniert-ein-fernkaltewerk [Abgerufen am: 13. Februar 2026].

VDMA (2018). *Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland. Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland nach Einsatzgebieten 2017*. VDMA, Fachverband Allgemeine Lufttechnik. Frankfurt am Main, April 2020.https://vdma.eu/c/document_library/get_file?uuid=a76d057d-3366-0c15-4ed5-455ba6fb6497&groupId=34570 [Abgerufen am: 5. August 2026].

Wien Energie (2025). *Technische Anschlussbedingungen Fernkälte*. https://dokumente.wienenergie.at/wp-content/uploads/TAB-FK_V2509.pdf [Abgerufen am: 5. August 2026].

Wien Energie (2026). *Fernkälte: Klimafreundlich kühlen*. Wien Energie Projekte. https://www.wienenergie.at/projekt/fernkaelte/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Wien ORF (2025). *Erster Eisspeicher bei Fernkälte eingerichtet*. wien.ORF.at. https://wien.orf.at/stories/3315345/ [Abgerufen am: 5. August 2026].

Wirtz, M., Schreiber, T., & Müller, D. (2022). Survey of 53 Fifth-Generation District Heating and Cooling (5GDHC) Networks in Germany. *Energy Technology*, *10*(11), 2200749. https://doi.org/10.1002/ente.202200749.

YLE (2025). *Underground „lake" helps cool Helsinki as demand for district cooling rises*. YLE News. https://yle.fi/a/74-20174567 [Abgerufen am: 5. August 2026].

Zeh, R., & Stockinger, V. (2022). *Monitoring of a large-scale geothermal collector system and a 5GDHC in Bad Nauheim*. https://www.researchgate.net/publication/369039743_Monitoring_of_a_large-scale_geothermal_collector_system_and_a_5GDHC_in_Bad_Nauheim [Abgerufen am: 5. August 2026].