# Fernwärme

## Das Rückgrat eines flexiblen, resilienten und effizienten Energiesystems

**IN DIESEM WHITEPAPER**

Die Vorteile von Fernwärme

Regulierung und Planung der Wärmeversorgung

Wie Fernwärme die Sektorenkopplung ermöglicht

Die Fernwärme der Zukunft

Dänische Hochburgen in der gesamten Branche

**FERNWÄRME**
Das Rückgrat eines flexiblen, resilienten und effizienten Energiesystems

Version 1.0
November 2024

**TITELBILD**
Editing: Henrik Wedel Sivertsen

**CHEFREDAKTION**
Maria Lind Arlaud, State of Green, mla@stateofgreen.com

**TECHNISCHE REDAKTION**
Hans Peter Slente, Verband der dänischen Industrie, hps@di.dk
Morten Jordt Duedahl, Dänischer Fernwärmeverband, md@dbhdh.dk
Susana Paardekooper, Dänische Energieagentur, spkr@ens.dk
Toke Liengaard, Dänische Energieagentur, tkld@ens.dk

**BEITRAGENDE**
Amager Ressourcecenter (ARC)
Dänischer Fernwärmeverband
Dänische Energieagentur
Verband der dänischen Industrie
Danfoss
EMD International
Euroheat & Power
Grundfos
GUES
HOFOR
Islington Council
Kamstrup
Kingspan LOGSTOR
Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
Næstved Fjernvarme
PlanEnergi
Rambøll
VEKS

**DOWNLOAD DES WHITEPAPERS**
Unter www.stateofgreen.com/publication können Sie
das Whitepaper und andere Publikationen herunterladen.

**WEITERE INFORMATIONEN**
Kontaktieren Sie State of Green unter der E-Mail-Adresse info@stateofgreen.com, um Exemplare dieses Whitepapers zu bestellen oder Informationen über andere Publikationen zu erhalten.

**COPYRIGHT-HINWEIS**
© State of Green 2024

KYOTO PROTOCOL 2
No. 001
KLIMA-NEUTRAL TRYKSAG

CERTIFIED
cradle to cradle
SILVER
PurePrint® by KLS
Produceret bionedbrydeligt af KLS PurePrint A/S

FSC
www.fsc.org
MIX
Papir fra ansvarlige kilder
FSC® C022933

VORWORT

# Auf dem Weg zum integrierten Energiesystem

KRISTOFFER BÖTTZAUW, DIREKTOR, DÄNISCHE ENERGIEAGENTUR

Fernwärme hat in Dänemark eine lange Geschichte. Das erste System wurde bereits 1903 im Kopenhagener Stadtteil Frederiksberg gebaut. In den 1970er Jahren zwang die globale Energiekrise Dänemark zu einer energiepolitischen Kursänderung. Fernwärme war ein wichtiger Teil der dänischen Lösung. Die Wärmeplanung unterstützte die Einführung von Fernwärme, die in Kombination mit der Kraft-Wärme-Kopplung eine Alternative darstellte, die sowohl bezahlbares Heizen als auch eine hohe Brennstoffeffizienz ermöglichte.

Fünf Jahrzehnte später, während der jüngsten Energiekrise, war Fernwärme erneut ein wichtiger Teil der Reaktion. Während der Preis für das Heizen für viele europäische Haushalte in die Höhe schoss, blieb der Durchschnittspreis für einen mit Fernwärme versorgten Haushalt in Dänemark stabil. Jetzt, nach der Krise, setzen wir weiterhin auf Fernwärme, um sichere, erschwingliche und zunehmend grüne Energie bereitzustellen.

Die Fernwärmeversorgung in Dänemark wird weiter ausgebaut, inzwischen sind mehr als zwei Drittel der Haushalte an Fernwärme angeschlossen. Während bei der Fernwärme früher auf Öl und Kohle gesetzt wurde, basiert die dänische Fernwärmeerzeugung heute zu mehr als 75 Prozent auf Energie aus erneuerbaren Quellen. Sie hat sich an die politischen Herausforderungen unserer Zeit angepasst und wird durch kontinuierliche Innovation und Wissensaustausch von einem etablierten Sektor unterstützt.

Mit Blick auf die Zukunft erwarte ich, dass Dänemark weiterhin ein Vorreiter beim globalen Klimaschutz durch grüne Energie sein wird, der den Rest der Welt inspiriert und ermutigt. Unser Ziel ist es, die Emissionen bis 2030 um 70 Prozent zu reduzieren und bis 2045 Klimaneutralität zu erreichen. Fernwärme ist eine Schlüsselkomponente des zukünftigen Energiesystems, das auf erneuerbare Energien umsteigen, aber auch neue Technologien wie Kohlenstoffabscheidung, nutzung und speicherung sowie Power-to-X integrieren muss.

Im Laufe ihrer langen Geschichte hat Fernwärme ihre Resilienz bewiesen und ihre Nutzung wurde im Einklang mit den Bedürfnissen unserer Bürgerinnen und Bürger sowie Energiesysteme angepasst.

Einfach ausgedrückt: Sie war und ist eine Schlüsseltechnologie für den grünen Wandel in Dänemark. Durch die jüngsten Überarbeitungen wichtiger Richtlinien hat die Europäische Union nun die Bemühungen um mehr Energieeffizienz und die Integration erneuerbarer Energien in Gebäuden vorangetrieben. Sie hebt das Potenzial hervor, dass Fernwärme in ganz Europa ein Eckpfeiler der Technologien für den grünen Wandel sein kann.

Diese Publikation beleuchtet die Vorteile von Fernwärme, die Schlüsselelemente der dänischen Regulierung und Planung bei der Wärmeversorgung, wie wir bisher Fernwärme genutzt haben, um die Sektorenkopplung zu ermöglichen, und die Fernwärmesysteme von morgen. Dabei werden Sie erfahren, wie dänische Hochburgen und Lösungen im gesamten Fernwärmesektor sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene einen entscheidenden Beitrag leisten.

Ich hoffe, Sie lassen sich inspirieren und begleiten uns auf dem Weg zu sichereren, resilienten und integrierten Energiesystemen.

**Kristoffer Böttzauw**
Direktor, Dänische Energieagentur

VORWORT

# Zeit, die Wärme nach Hause zu bringen

AURÉLIE BEAUVAIS, GESCHÄFTSFÜHRERIN VON EUROHEAT & POWER

Im Februar 2024 wurde mit der Verabschiedung des EU-Klimaschutzpakets „Fitfor55“ der Weg für eine stärkere Anerkennung von Fernwärme und  kälte als entscheidende Lösung zur Beschleunigung der Energiewende in der EU geebnet. Die Verpflichtung zur Entwicklung von Nahwärme- und kälteplänen in Städten mit mehr als 45.000 Einwohnern wird sicherstellen, dass Fernwärme immer berücksichtigt wird und dass lokale Quellen von erneuerbarer Wärme und Abwärme genutzt werden. Mit der überarbeiteten Energieeffizienzrichtlinie wurde ein klarer Weg für die Dekarbonisierung von Wärmenetzen bis 2050 festgelegt – ein notwendiger Schritt, um Vertrauen mit Entscheidungsträgern aufzubauen. Schließlich stellt die Erneuerbare-Energien-Richtlinie Abwärme und erneuerbare Wärme auf die gleiche Stufe und schlägt konkrete Maßnahmen zur besseren Integration in die Energiesysteme vor.

In Kombination mit der Dynamik, die durch die Energiekrise und REPower EU ausgelöst wurde, hat das „Fitfor55“-Paket die Ambitionen vieler europäischer Länder für die Weiterentwicklung von Wärme- und Kältenetzen neu belebt. Deutschland, Frankreich, Österreich und die Niederlande kündigten ehrgeizige Maßnahmen und Finanzmittel an, um das Potenzial dieser wichtigen Energieinfrastruktur stärker zu nutzen.

Dennoch müssen wir noch mehr tun.

Der Draghi-Bericht hat dies unterstrichen, indem er auf die Risiken hinweist, die steigende Energiepreise für die Wettbewerbsfähigkeit und den Wohlstand der EU mit sich bringen. „Die EU muss doppelt so viel ausgeben wie nach dem Zweiten Weltkrieg“, sagte er und erinnerte an die dringende Notwendigkeit, der wirtschaftlichen Stagnation durch einen Plan für massive Investitionen in saubere Technologien und Energieinfrastrukturen zu entkommen.

Lassen Sie uns also mit Bedacht investieren. Unabhängig davon, ob es um Klimaschutz, Energiesicherheit oder Energiepreise geht, muss die Dekarbonisierung der Wärme- und Kälteerzeugung Priorität haben. Wir brauchen einen Plan für massive Investitionen, um Quellen erneuerbarer Wärme zu nutzen, die Abwärme von Quellen rückzugewinnen, und effiziente und saubere Heiz- und Kühllösungen wie Fernwärme- und Fernkältenetze einzuführen.

Aufgrund der bevorstehenden Umsetzung der europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Inkrafttretens des ETS2-Mechanismus im Jahr 2027 müssen Millionen von Haushalten und Immobilieneigentümern in die Gebäudesanierung und den Ersatz fossiler Brennstoffe investieren. Wir haben jetzt die Verantwortung, saubere Heiz- und Kühllösungen sowie Gebäuderenovierungen nicht nur zu ermöglichen, sondern für alle erschwinglich zu machen.

In diesem Zusammenhang hat die Kommission von der Leyen II mit der Ernennung von Dan Jørgensen, Dänemarks früherem Minister für Klima, Energie und Versorgung, zum Kommissar für Energie und Wohnungsbau einen guten Start hingelegt – mit dem klaren Mandat, die Wärme- und Kälteerzeugung zu dekarbonisieren und die Energiepreise für Haushalte zu senken. Die drei vorgeschlagenen Initiativen „Energiepaket für die Bürgerinnen und Bürger“, „Europäischer Plan für erschwinglichen Wohnraum“ und „Aktionsplan für erschwingliche Energiepreise“ sind von zentraler Bedeutung, um saubere Heiz- und Kühllösungen sowie die Sanierung von Gebäuden zu ermöglichen und erschwinglicher zu machen.

Mit einem neuen Kommissar für Energie und Wohnungsbau an der Spitze ist es an der Zeit, die Wärme nach Hause zu bringen!

**Aurélie Beauvais**
Geschäftsführerin von Euroheat & Power

# Index


**Kapitel 1:** Kernpunkte der Fernwärme **6**

**Kapitel 2:** Einheitliche Regulierung – eine Voraussetzung für Fernwärme **10**

**Kapitel 3:** Wärmeplanung – jetzt eine Priorität der EU **12**

**Kapitel 4:** Wie Fernwärme die Sektorenkopplung ermöglicht **16**

**Kapitel 5:** Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette **22**

**Kapitel 6:** Die Zukunft von Fernwärme **26**


## Über dieses Whitepaper

Das Energiesystem der Zukunft verlangt nach Lösungen, die umweltgerecht, flexibel, ausfallsicher und sozioökonomisch umsetzbar sind. Nur wenige Lösungen integrieren diese Eigenschaften so gut wie Fernwärme- und Fernkältesysteme. Obwohl die Stromversorgung im Diskurs über den Übergang zu einer grünen Wirtschaft oft im Mittelpunkt steht, empfiehlt es sich heute mehr denn je, unsere Wärmeversorgung in den Mittelpunkt zu rücken.

Wärme macht die Hälfte des weltweiten Gesamtenergieverbrauchs aus und ist für mehr als 40 Prozent der globalen energiebedingten $CO_2$-Emissionen verantwortlich. Gleichzeitig steigt die weltweite Nachfrage nach nachhaltigem Heizen und Kühlen rasant an, da sich die Auswirkungen des Klimawandels entfalten, die Weltbevölkerung wächst und die Einkommen steigen.

In diesem Whitepaper wird Fernwärme als eine wichtige Lösung für ein zukunftsfähiges Energiesystem vorgestellt. Dänemark ist mit mehr als 100 Jahren Erfahrung im Bereich Fernwärme ein Paradebeispiel dafür, wie Fernwärme kostengünstiges, energieeffizientes und resilientes Heizen ermöglicht. Von Governance-Instrumenten bis hin zu technischen Lösungen beleuchtet dieses Whitepaper das enorme Potenzial von Fernwärme für den grünen Wandel unserer Gesellschaften.

KAPITEL 1

# Kernpunkte der Fernwärme

Die Art und Weise, wie wir Wärme erzeugen und verteilen, ist für die Nachhaltigkeit und das Wohlergehen einer Gesellschaft von entscheidender Bedeutung. Fernwärmesysteme sind resilient. Sie werden seit über 100 Jahren genutzt. Trotzdem war es vielleicht noch nie so dringlich, die vielen Vorteile zu nutzen.

Fernwärme ist eine hocheffiziente und nachhaltige Methode zur Wärmeversorgung von Gemeinden. Im Kern nutzt ein Fernwärmesystem Wärme, die von zentralen Standorten bezogen wird, und verteilt sie über Rohrleitungen an die Endverbraucher in Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäuden. Die Entscheidung für ein Fernwärmesystem bietet im Gegensatz zu Einzellösungen große wirtschaftliche, ökologische und soziale Vorteile.

**Eine flexible und nachhaltige Lösung**
Individuelle Heizlösungen erlauben nur eine bestimmte Brennstoffart, zum Beispiel Öl oder Erdgas. Für den Endverbraucher bedeutet dies, dass seine Heizkostenrechnung den Preiserhöhungen für einen bestimmten Brennstoff ausgesetzt ist. Fernwärme hingegen ist brennstoffunabhängig und die Brennstoffquellen können schnell und einfach gewechselt werden.

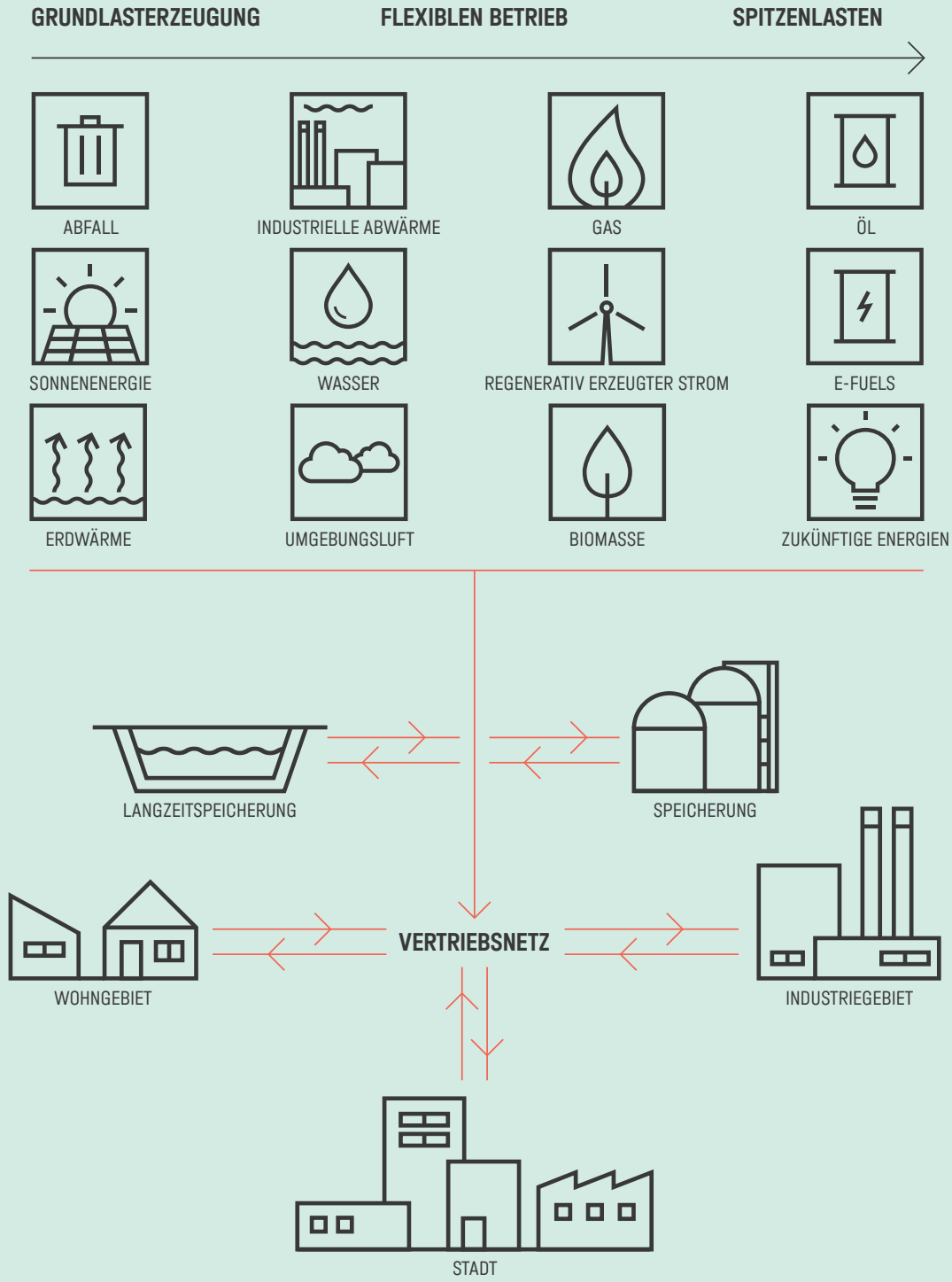
Auf diese Weise ist es möglich, von den Marktkräften, welche die Preisänderungen auf verschiedenen Arten von Kraftstoffmärkten beeinflussen, zu profitieren. So kann beispielsweise Strom zur Wärmeerzeugung genutzt werden, wenn die Preise aufgrund hoher Stromerzeugung durch Windkraftanlagen und andere erneuerbare Quellen praktisch gegen Null gehen. Fernwärme ermöglicht auch die Nutzung von Niedertemperaturwärme, insbesondere in Kombination mit Wärmepumpen. So kann Wärme mit geringem oder negativem Wert an einem Ort – zum Beispiel im Fall industrieller Überschusswärme – an anderer Stelle einen erheblichen Wert schaffen, indem sie fossile Brennstoffe ersetzt und die Energieeffizienz erhöht.

Etablierte Fernwärmesysteme sind anfangs oft klein, wachsen aber im Laufe der Zeit und werden verbunden, um schließlich ganze städtische Gemeinden abzudecken. Fernwärmesysteme sind grundsätzlich lokal und können an unterschiedliche innerstädtische und vorstädtische Situationen angepasst werden. Dadurch sind sie vielseitig und in verschiedenen Regionen anwendbar.

**Gesellschaftliche Resilienz zum Wohle aller**
Im Zuge der fortschreitenden grünen Neuausrichtung unserer Energiesysteme ist es kostengünstiger, Brennstoffquellen in einem zentralen System zu wechseln, als Heizkessel in Tausenden von Einzelhaushalten auszutauschen. Auf gesellschaftlicher Ebene erhöht die Brennstoffflexibilität von Fernwärme die Versorgungssicherheit und die Produktionseffizienz. Im Gegenzug können gesellschaftliche und politische Ziele, wie eine größere Unabhängigkeit von Kraftstoffimporten und die Verringerung von $CO_2$-Emissionen, leichter erreicht werden.

Dies gilt insbesondere dann, wenn Fernwärmesysteme mit Überwachungs- und Steuerungsmechanismen ausgestattet sind, die ein intelligentes Energiemanagement und eine intelligente Systemwartung ermöglichen. Entscheidend ist, dass die Vorteile eines intelligenten zentralisierten Systems für den Verbraucher spürbar sind: Die Optimierung des Energieverbrauchs und die Reduzierung von Wärmeverlusten und  verbrauch steigern den Komfort und das führt zu langfristigen Energieeinsparungen und niedrigeren Rechnungen.

Weltweit besteht ein dringender Bedarf, die Nutzung aller verfügbaren nachhaltigen Energieressourcen zu optimieren. Aus Sicht der Wärme- und Kälteerzeugung erfordert dies ein System, das flexibel und resilient sowie intelligent an das Energiesystem angebunden ist. Fernwärme bietet eine Antwort auf diese Herausforderungen und sollte daher als Rückgrat für die zukünftige Energieversorgung von Gemeinden betrachtet werden.




## Abbildung eines Fernwärmesystems

Ein Fernwärmenetz kann Verbrauchern kosteneffizient Wärme aus verschiedenen Wärmequellen liefern. In allen dänischen Fernwärmesysteme sind mindestens zwei Energiequellen vorhanden, um Lasten im Betrieb möglichst effizient auszugleichen. Je nach System eignen sich einige Wärmequellen besser für die Grundlasterzeugung, während andere Flexibilität bieten oder für Spitzenlasten in den Einsatz kommen. Aus Energieträger wie Abfälle, Brennstoffe oder elektrischer Strom kann mithilfe von Kraft-Wärmekopplungsanlagen oder Wärmepumpen Wärme erzeugt werden. Eine weitere Möglichkeit ist Wärme aus Solarthermieanlagen oder als Abwärme aus Hochtemperaturprozessen direkt in das Wärmenetz einzuspeisen. Ein Teil der erzeugten Wärmeenergie kann in Wärmespeichern gespeichert werden, wodurch Produktion und Verbrauch zeitlich über kürzere oder längere Zeiträume (Stunden bis Monate) entkoppelt werden können. Unabhängig von Art der Wärmeerzeugung wird die Wärme durch ein Netzwerk von Leitungen zu Verbrauchern in Häusern, Industriegebieten und Städten geliefert.

# Historischer Überblick über Fernwärme in Dänemark

## 1973

Die hohen Energiepreise, die durch die internationale Energiekrise verursacht werden, rücken die Brennstoffunabhängigkeit in den Fokus und motivieren zur Verbesserung der Energieeffizienz.

## 1976-1979

Dänemarks erster landesweiter Energieplan bildet die Grundlage für eine langfristige Energiepolitik. Die dänische Energieagentur wird gegründet. Das erste Gesetz zur Wärmeversorgung läutet eine neue Ära der öffentlichen Wärmeplanung ein, die bis heute andauert.

## 1981-1982

Die nationale Wärmeplanung wird im ganzen Land umgesetzt. Im Zuge der Wärmeplanung wird eine Zonierung durchgeführt, die zur Etablierung kosteneffizienter Energiesysteme führen soll.

## 1985-1986

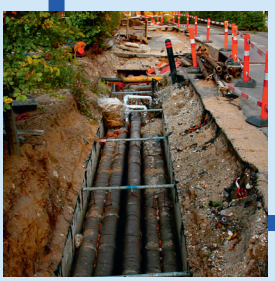
Parlamentarische Entscheidung, bei der öffentlichen Energieplanung keine Kernkaft zu nutzen. Kohle wird bei der Wärmeplanung nicht mehr berücksichtigt.

## 1990

Politische Vereinbarung über die verstärkte Verwendung von erdgasbetriebenen KWK-Anlagen und Biomasse bei der Fernwärmeerzeugung. Die Vereinbarung sieht auch eine verstärkte Installation von Windenergieanlagen vor.

## 1990

Mit der Änderung des Gesetzes zur Wärmeversorgung wird ein neues Planungssystem eingeführt. Planungsrichtlinien und Leitfäden zur Brennstoffwahl und Kraft-Wärme-Kopplung werden allen lokalen Behörden/Gemeinden zur Verfügung gestellt.



1973 | 1976-79 | 1981-82 | 1985-86 | 1990 | 1990

## 1993-2000

Politische Einigung zur Förderung der Verwendung von Biomasse bei der Stromerzeugung. Im Zuge einer Änderung des Gesetzes zur Wärmeversorgung beschließt das Parlament die Verbesserung der Bedingungen für 250 kleine und mittelgroße KWK-Anlagen außerhalb der Großstädte.

## 2019

Dänemarks erstes nationales Klimagesetz und verbindliche Klimaziele bekräftigen die Notwendigkeit einer grünen und energieeffizienten Wärmeversorgung und die Schlüsselrolle von Fernwärme im Energiesystem.

## ~2030

Prognosen der dänischen Energieagentur deuten darauf hin, dass der Fernwärmesektor bis 2030 nahezu frei von fossilen Brennstoffen sein wird.

1992 | 1993-2000 | 2012 | 2019 | 2022 | ~2030

## 1992

Es werden verschiedene Subventionen eingeführt, um Energieeinsparungen, KWK-Anlagen und erneuerbare Energiequellen zu unterstützen.

## 2012

Breite politische Einigung über die dänische Energiepolitik für die Jahre von 2012 bis 2020. Die Vereinbarung umfasst Initiativen in den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Energiesystem. Die Vereinbarung wird 2018 erneuert, um den Zeitraum von 2020 bis 2030 abzudecken.

## 2022

Die Energiekrise führt zu einer breiten politischen Einigung über die Beschleunigung des Gasausstiegs und des Ausbaus grüner Fernwärme. Darüber hinaus wird mit den Kommunen vereinbart, dass sie sich an der Wärmeplanung beteiligen müssen, um alle Gas- und Ölverbraucher zu informieren, wann diese mit einer grünen Lösung rechnen können.

KAPITEL 2

# Einheitliche Regulierung – eine Voraussetzung für Fernwärme

Seit 1979 verpflichtet das dänische Wärmeversorgungsgesetz die lokalen Behörden dazu, Wärmeinfrastrukturen auf der Grundlage sozioökonomischer Analysen zu planen, um den Verbraucherschutz, die Effizienz und die Ausrichtung an den nationalen Energiezielen zu gewährleisten.

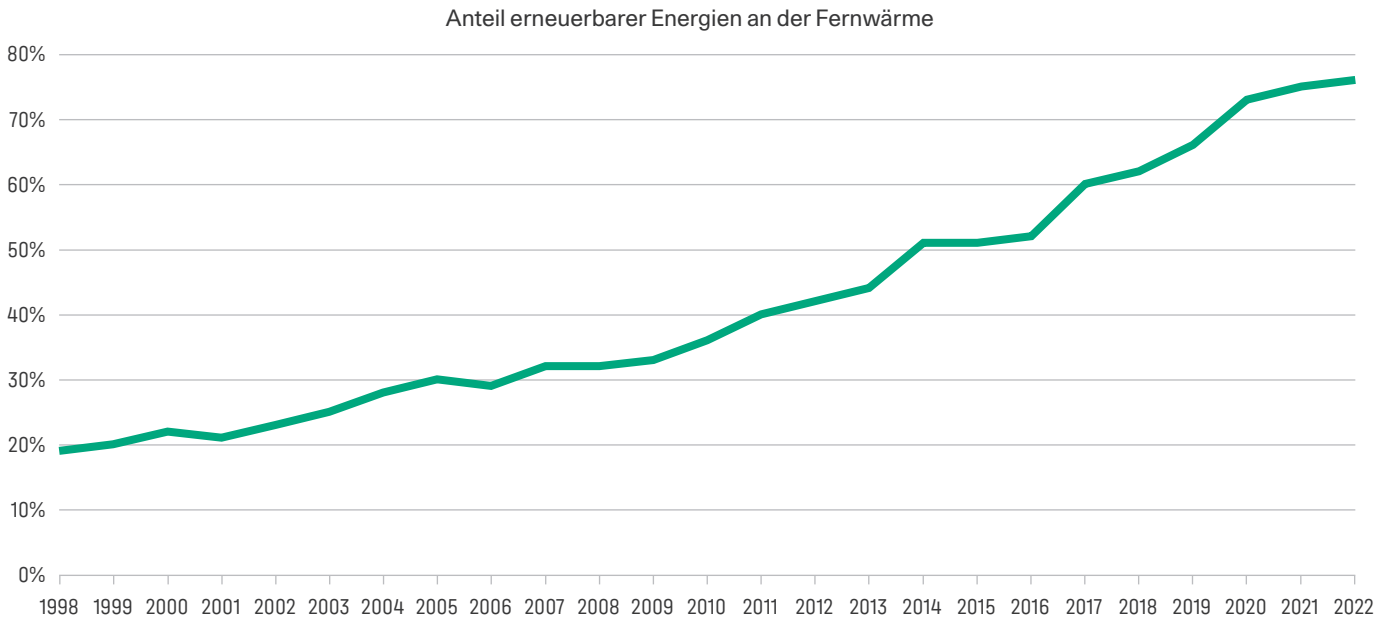
**Klare Rollen und Verantwortlichkeiten**
Das dänische Wärmeversorgungsgesetz legt die Vorschriften und Regulierung für den Wärmesektor fest. Es verpflichtet die Kommunen dazu, sich an der lokalen Wärmeplanung zu beteiligen, über Energieinfrastrukturen zu entscheiden und Ressourcen zu priorisieren. Die Grundsätze der Energieeffizienz stellen sicher, dass die Kraft-Wärme-Kopplung bei der Strom- und Wärmeerzeugung Vorrang hat. Die lokalen Entscheidungsträger können lokales Wissen nutzen, um Heizungsanlagenkonzepte und einzelne Heizungsprojekte zu bewerten und Entscheidungen zu treffen, müssen dabei aber die zentrale Politik und technischen Rahmenbedingungen beachten, die landesweit gelten. So wird sichergestellt, dass die Fernwärmeprojekte mit den übergreifenden nationalen Zielen zur Entwicklung des Wärmesektors übereinstimmen und den sozioökonomischen Nutzen maximieren.

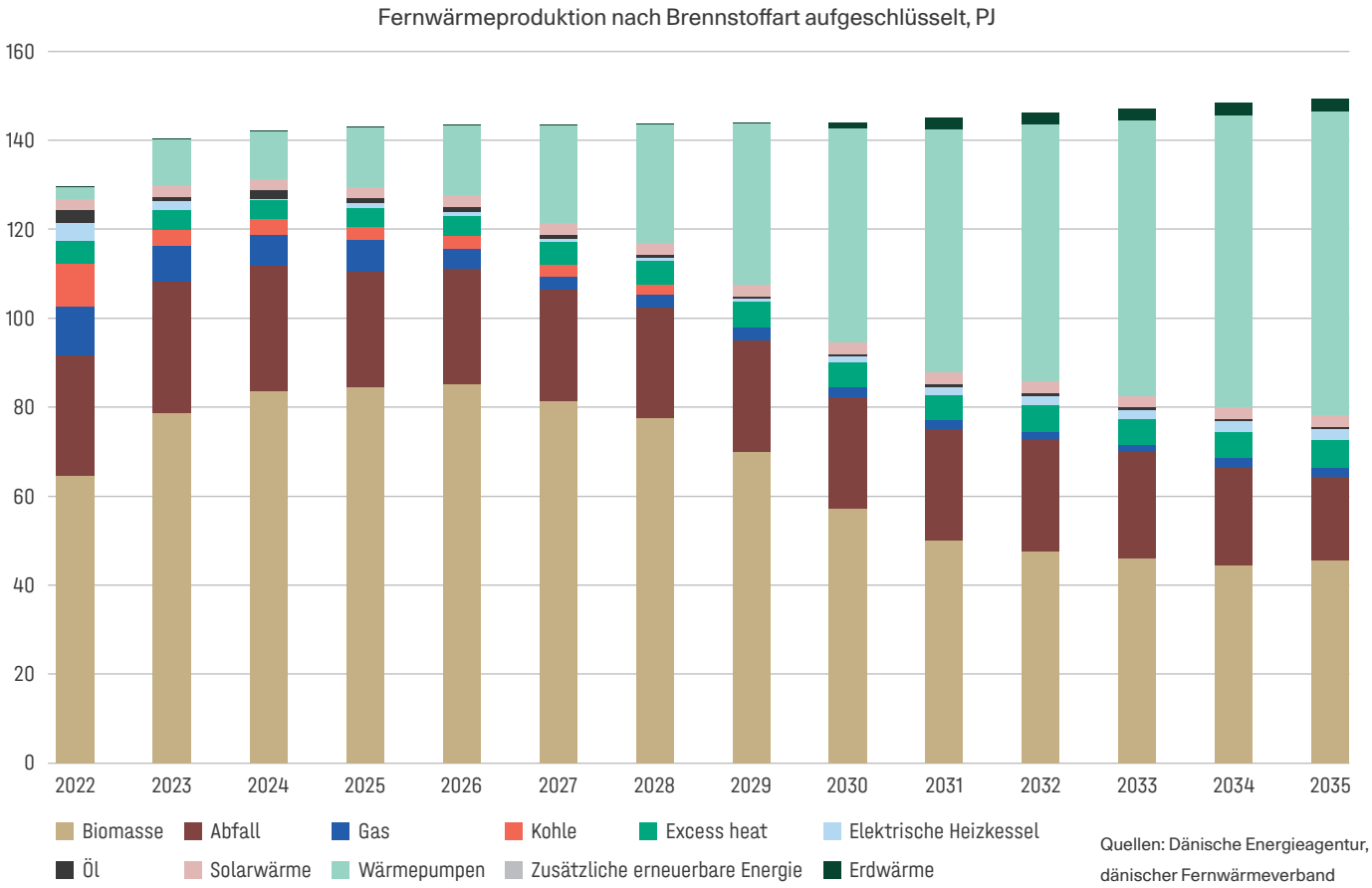
**Planung von Wärmeinfrastrukturen**
Die Vorteile von Fernwärmenetzen hängen, wie andere Infrastrukturen auch, von Skaleneffekten für die Wärmeerzeugungsanlagen und die Netzkosten ab. Das Wärmeversorgungsgesetz sorgt für eine zonale Planung und weist letztendlich bestimmte Gebiete für die Versorgung mit Fernwärme und Erdgas aus. Dadurch werden ineffektive parallele Netze zur Wärmeversorgung einzelner Verbraucher vermieden. Die gründliche lokale Planung schafft verlässliche Investitionsbedingungen für eine Technologie, die eine wichtige Rolle beim grünen Wandel spielt und den Verbraucherschutz sowie den Nutzen für die Gesellschaft gewährleistet.

**Wahl der Wärmeversorgung auf Basis sozioökonomischer Aspekte**
Der lokale Entscheidungsprozess beruht auf standardisierten sozioökonomischen Kosten-Nutzen-Analysen. Die dänische Energieagentur stellt Leitlinien und Methoden für die sozioökonomische Bewertung zur Verfügung. Die Bewertung umfasst Parameter wie Brennstoffpreise, Strompreise, externe Kosten von Emissionen, Zinssätze und bei Bedarf Technologiedaten als Referenz. Methodisch wird eine sozioökonomische Analyse über den gesamten Lebenszyklus durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Langfristigkeit von Infrastrukturinvestitionen ebenso berücksichtigt wird wie der Einsatz hochwertiger Komponenten zur Senkung langfristiger Betriebs- und Wartungskosten. Das schafft für die lokalen Behörden eine landesweit einheitliche Grundlage zur Bewertung der Wärmeversorgungsmöglichkeiten und verhindert übermäßige Investitionen in Fernwärmenetze, wenn Einzellösungen wie Wärmepumpen sinnvoller wären, und umgekehrt.

**Regulierung der Verbraucherpreise**
Die Prinzipien zur Bestimmung der Verbraucherpreise sind im Wärmeversorgungsgesetz vorgeschrieben und für alle Fernwärmeunternehmen gleich. Fernwärmeunternehmen dürfen den Verbrauchern nur die notwendigen und tatsächlichen Kosten für die Erzeugung und den Transport von Wärme in Rechnung stellen, einschließlich der Abschreibungen auf Sachanlagen und der Finanzierungskosten. Diese Kosten sind transparent mitzuteilen und zu veröffentlichen und werden von der Regulierungsbehörde für Versorgungsunternehmen bei Bedarf überprüft.

Das bedeutet, dass der Wärmepreis nicht in allen dänischen Fernwärmegebieten gleich ist, da er von der Auslegung des Fernwärmesystems abhängt. In der Praxis bedeutet dies auch, dass die dänische Fernwärme nicht gewinnorientiert ist und per Gesetz kostengünstig bleibt.




Quellen: Dänische Energieagentur, dänischer Fernwärmeverband

# Die dänische Wärmeversorgung in Zahlen

In Dänemark ist der Anteil erneuerbarer Energiequellen an der Wärmeversorgung in den letzten 25 Jahren deutlich gestiegen. Heute basieren rund 75 Prozent der Fernwärme auf erneuerbaren Energiequellen. Derzeit feuert zertifizierte nachhaltige Biomasse den Großteil der Fernwärmeproduktion an. Im kommenden Jahrzehnt werden jedoch elektrisch betriebene Wärmepumpen den Anteil der Biomasse erheblich reduzieren und so die Abhängigkeit von importierten Bioabfällen verringern.

KAPITEL 3

# Wärmeplanung – jetzt eine Priorität der EU

In vielen Ländern wird eine systematische Wärmeplanung auf nationaler Ebene seit vielen Jahren nicht mehr praktiziert. Es fehlten eine klare Vorstellung und der rote Faden – von Energievisionen und der Politik auf nationaler Ebene bis hin zur Planung in Regionen, Kommunen und Energieunternehmen.

**Planung von Fernwärme- und Fernkältesystemen – Voraussetzung für eine grünere Zukunft**
Die Planung zukünftiger Fernwärme- und Fernkältesysteme erfordert eine aktive Beteiligung auf kommunalen Ebene. Das bedeutet, dass die Kommunen klare Richtlinien ihrer nationalen Regierung benötigen, welche die Umsetzung der nationalen Energiepolitik innerhalb des von der Europäischen Union festgelegten Rahmens in Bezug auf Energieeinsparungen und die Verringerung von $CO_2$-Emissionen sicherstellen.

Für die Bürger ist es entscheidend, dass die Planung von Fernwärme- und Fernkältesystemen eine Energieversorgung sicherstellt, die gleichzeitig wettbewerbsfähig, grün und stabil ist. Dies wird auch als Energie-Trilemma bezeichnet, da es schwierig ist, alle drei Faktoren im Gleichgewicht zu halten.

**Wärmeplanung in Dänemark**
Seit Ende der 1970er Jahre haben sich die aufeinanderfolgenden dänischen Regierungen auf die notwendigen Gesetze konzentriert, um die Herausforderungen des Energie-Trilemmas zu bewältigen – und dies mit großem Erfolg erreicht:

- 68 Prozent aller Wohnungen werden mit Fernwärme versorgt.
- 75 Prozent der Fernwärme basiert auf erneuerbaren Energien.
- Die Kosten für Fernwärme sind niedriger als für alternative Wärmequellen.

Dieser Erfolg basiert auf einem nationalen, langfristig ausgerichteten und stabilen politischen Rahmen, der Beteiligung von Kommunen und ihrer Verantwortung für die Umsetzung der nationalen Richtlinien und der lokalen Eigenverantwortung für die Infrastruktur. Das Energieabkommen vom 22. März 2012 war der Ausgangspunkt für die Initiierung einer strategischen Energieplanung auf kommunaler und regionaler Ebene in ganz Dänemark.

Im Großraum Kopenhagen haben sich beispielsweise 29 Kommunen zusammengetan und gemeinsam einen Umsetzungsplan entwickelt, der 34 konkrete Maßnahmen enthält, die bis 2025 umgesetzt werden müssen, um eine stabile Entwicklung hin zu einem fossilfreien Energiesystem zu verwirklichen. Das verdeutlicht die dänische Überzeugung, dass eine Planung über Gemeinden, Sektoren und Unternehmensgrenzen hinweg der Weg in die Zukunft ist.

**Die EU-Energieeffizienzrichtlinie**
Mit der Überarbeitung der Energieeffizienzrichtlinie (EED) unterstreicht auch die EU die Bedeutung einer strategischen Fernwärmeplanung. Im Vergleich zur Version von 2012 weist die neue Richtlinie stärkere Ambitionen für den Einsatz von Fernwärme auf, indem sie sich unter anderem auf Folgendes konzentriert:

- Definitionen effizienter Fernwärmesysteme – neue Anforderungen mit Bezug auf $CO_2$-neutrale Fernwärme und kälte bis spätestens 2050.
- Anforderungen an die Fernwärmeplanung in allen Gemeinden mit mehr als 45.000 Einwohnern.

Wie die Richtlinie umgesetzt werden muss, wird von der EU jedoch nur allgemein beschrieben. Das bedeutet, dass es letztlich an den einzelnen Mitgliedsstaaten liegt, die Fernwärmeplanung strategisch, zukunftssicher und nachhaltig durchzuführen.

## Das Energie-Trilemma

Das Energie-Trilemma beschreibt die schwierigen Entscheidungen, vor denen Politik, Behörden und Fernwärmeunternehmen bei der Planung der Energieversorgung stehen. Alle sind sich einig, dass die Fernwärmeversorgung folgende Merkmale haben soll:

- erschwinglich und verfügbar (wettbewerbsfähig)
- grün und sauber (nachhaltig)
- sicher und zuverlässig (resilient)

Allerdings bedeutet das Energie-Trilemma, dass diese drei Herausforderungen oft einen Kompromiss verlangen, der ein Ziel in den Vordergrund rückt. Wie die geopolitischen Ereignisse der letzten Jahre gezeigt haben, ist dies ein schwieriges, aber zwingend zu lösendes Problem.

# Wärmeplanung in Deutschland: Ein durch Dänemark inspirierter Wandel

Das deutsche Energiesystem befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel: Die Regierung steigt aus der Kernenergie aus, reduziert die Abhängigkeit von Erdgas und strebt den Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2038 an. Dies erfordert einen raschen Umstieg auf erneuerbare Energien, insbesondere im Wärmesektor. Zu diesem Zweck hat das Land Baden-Württemberg, inspiriert durch die Erfahrungen und Errungenschaften Dänemarks, entscheidende Schritte bei der Wärmeplanung unternommen.

Seit 2017 arbeitet Baden-Württemberg im Rahmen des deutsch-dänischen Energiedialogs eng mit dänischen Energiebehörden und Wissenspartnern zusammen, um eine nachhaltige Wärmewende herbeizuführen. 2020 änderte das Bundesland sein Klimaschutzgesetz und verpflichtete seine 103 größten Städte, einen Fahrplan für eine fossilfreie Wärmeversorgung bis 2050 zu entwickeln. Eine Delegation von Ministern aus Baden-Württemberg hat sich bei einem Besuch in Dänemark ein Bild von den Auswirkungen einer Verpflichtung zur kommunalen Wärmeplanung gemacht. Das dänische Beispiel wurde dann erfolgreich an die deutschen Rahmenbedingungen angepasst.

Die Gesetzesnovelle umfasst eine verpflichtende Wärmeplanung für Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern und die obligatorische Bereitstellung von Daten über den Energieverbrauch des kommunalen Gebäudebestands für alle 1.100 Gemeinden des Landes. Dieses Gesetz wird letztlich 5,5 Millionen Menschen mit fossilfreier Wärme versorgen. Damit ist Baden-Württemberg ein Vorreiter bei der kommunalen Wärmeplanung in der EU. Darüber hinaus haben diese Bemühungen auf Landesebene zur Einführung eines nationalen Wärmeplanungsgesetzes angeregt, das ab 2024 eine umfassende kommunale Wärmeplanung in ganz Deutschland vorschreibt.

**BEITRAGENDE**

Danish Board of District Heating,
Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg,
The Danish Energy Agency

**ORT**

Baden-Württemberg, Deutschland

Bildrechte: Rambøll

# Wärmeplanung mit Abwärme aus dem Untergrund

Der Londoner Stadtteil Islington bewältigt Energiesicherheit und Energiearmut durch eine innovative Wärmeplanung, die sich auf Fernwärme und Wärmenetze konzentriert. Ein Schlüsselprojekt in diesem Zusammenhang ist das Bunhill 2 Energy Centre, das die Abwärme der Londoner U-Bahn nutzt, um umweltfreundlichere und erschwinglichere Wärme bereitzustellen.

Das Bunhill 2 Energy Centre befindet sich über einer stillgelegten U-Bahn-Station und nutzt Wärmepumpentechnologie, um warme Luft über einen großen unterirdischen Ventilator aus den unterirdischen Tunneln abzuleiten. Diese warme Luft erwärmt Wasser, das dann durch umliegende Gebäude zirkuliert. Neben der Heizung erzeugt das Kraft-Wärme-Kopplungssystem von Bunhill 2 grünen Strom für die Treppenausbeleuchtung und die Aufzüge in einem benachbarten Hochhaus. Im Sommer kann der Ventilator die U-Bahn-Tunnel kühlen und so das Belüftungssystem verbessern.

Bunhill 2 hat 550 zusätzliche Haushalte und eine Schule an das bestehende Fernwärmenetz von Bunhill Heat and Power angeschlossen, das bereits zwei Freizeitzentren und über 800 Haushalte versorgt. Die Infrastruktur von Bunhill 2 ist mit zusätzlichen Kapazitäten ausgestattet, die eine zukünftige Beheizung von bis zu 2.200 Haushalten ermöglichen.

Es ist geplant, das Netzwerk von Bunhill 2 weiter auszubauen, indem Abwärme aus einem lokalen Rechenzentrum integriert wird, um die Nachhaltigkeit und Resilienz des Systems zu verbessern. Diese Erweiterung zielt darauf ab, mehr Gebäude in ganz Islington zu unterstützen, die Abhängigkeit von Backup-Heizkesseln zu verringern und die Energiearmut zu bekämpfen und gleichzeitig erschwingliche Wärme im gesamten Bezirk zu fördern.

**BEITRAGENDE**

Islington Council , Rambøll

**ORT**

London,
Vereinigtes Königreich

KAPITEL 4

# Wie Fernwärme die Sektorenkopplung ermöglicht

Mit der grünen Wende wird ein zunehmender Teil unseres Stroms aus fluktuierenden Quellen wie Sonne und Wind erzeugt. Fernwärme war und ist eine wichtige Lösung dafür, dass diese erfolgreich und optimal in unsere Energiesysteme integriert werden.

Die Stromversorgung der Zukunft wird in erster Linie auf fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen basieren. Damit diese Quellen so effizient, wirtschaftlich und sicher wie möglich genutzt werden können, sind umfangreiche Bemühungen in Bezug auf die Integration, den Ausgleich und die Speicherung erforderlich. Dies hat zu einer verstärkten Fokussierung auf die Potenziale der Sektorenkopplung geführt.

**Vernetzung der energieerzeugenden und verbrauchenden Sektoren**
Unter Sektorenkopplung versteht man die koordinierte Planung und den Betrieb eines Energiesystems über mehrere Sektoren (Strom, Wärme, Kälte, Verkehr und Industrie) hinweg, um die Nutzung erneuerbarer Energien zu maximieren, die Systemflexibilität zu erhöhen und eine höhere Energieeffizienz und sicherheit zu erreichen. Bei dieser Integration kann Fernwärme aufgrund ihrer Vielseitigkeit eine zentrale Rolle spielen.

In Dänemark wurden, angetrieben durch die Notwendigkeit effizienter und wirtschaftlicher Systeme, die ersten Schritte in Richtung Sektorenkopplung mit der Einführung von Fernwärmesystemen auf Grundlage der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) unternommen. KWK-Anlagen sind ein Paradebeispiel für Sektorenkopplung, da sie sowohl Strom als auch Wärme erzeugen können, den Brennstoffverbrauch optimieren und Emissionen reduzieren. Hierbei dienen Wärmepumpen als ergänzende Lösung, da sie Strom, wenn er günstig und im Überfluss vorhanden ist, aufnehmen und effizient Wärme erzeugen können, um die Stabilisierung und den Ausgleich der Strommärkte zu unterstützen.

**Optimale Nutzung aller Arten von Wärme**
Überschüssige Wärme aus industriellen Prozessen und minderwertige Wärme aus Quellen wie Abwasser und Rechenzentren werden oft verschwendet. Durch die Vernetzung von Sektoren können diese zu einer wertvollen Ressource werden, die in einem Fernwärmesystem einfach genutzt werden kann. Wenn sich Industrie- oder Gewerbegebäude in der Nähe eines Wärmenetzes befinden, kann es von Vorteil sein, bei der Nutzung der überschüssigen oder minderwertigen Wärme mit dem örtlichen Versorgungsunternehmen zusammenzuarbeiten. Dies führt nicht nur zu einem finanziellen Gewinn, sondern kann auch die Nutzung weniger effizienter Quellen bei der Wärmeerzeugung ersetzen.

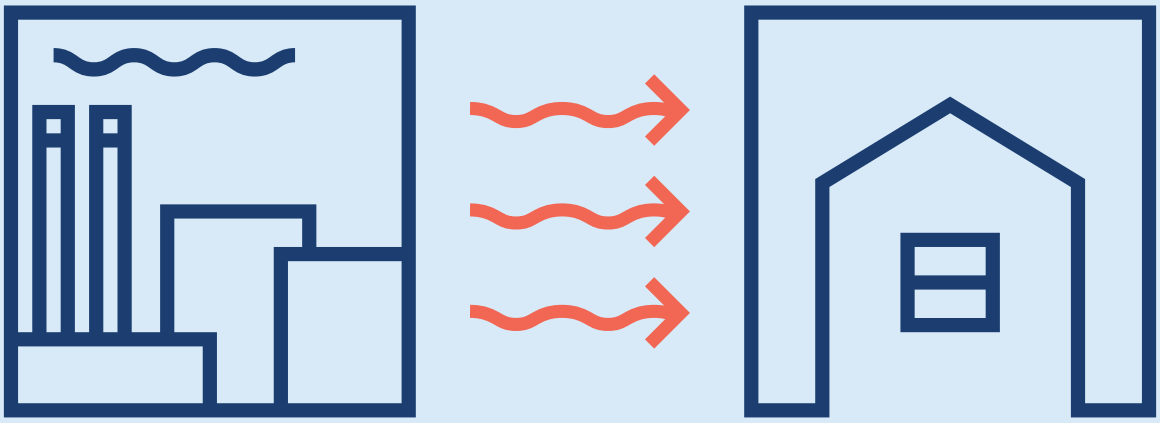
Darüber hinaus kann die Nutzung von Fernwärme für die Sektorenkopplung die Entwicklung grüner Technologien wie Power-to-X sowie Kohlenstoffabscheidung und speicherung unterstützen, indem sie die Energieintensität reduziert und Business Cases verbessert.

**Notwendigkeit der Speicherung**
Die Integration von mehr fluktuierenden Energiequellen in das Energiesystem erfordert auch eine Erhöhung der Speicherkapazität innerhalb des Systems, um Produktions- und Verbrauchszeiten zu entkoppeln. Fernwärme ermöglicht eine kostengünstige Wärmespeicherung in relativ großem Maßstab, von Tag zu Tag und Saison zu Saison. Dies ermöglicht die Erzeugung von Wärme bei niedrigen Produktionskosten und die Aufnahme kostengünstiger erneuerbarer Energien in das Energiesystem.

In Dänemark haben alle Fernwärmesysteme Zugang zu Wärmespeichern, um die Wärmeverfügbarkeit von KWK-Anlagen, Sonnenkollektoren, überschüssigem Windstrom und Industriewärme zu steuern. Dabei ermöglichen Kurzzeit-Wärmespeicher ein optimiertes Produktionsmanagement von KWK-Anlagen und Wärmepumpen auf Basis von Bedarfsprognosen und Strompreisen. Größere Speicher, wie zum Beispiel Gruben- und Grundwassersysteme, können für die saisonale Speicherung verwendet werden, um überschüssige Sommerwärme für den Einsatz in kälteren Jahreszeiten zu speichern, aber auch für eine wöchentliche oder monatliche Speicherung zur Anpassung an kürzere Klimazyklen. Dies ist nicht nur für den grünen Wandel, sondern auch für unsere Versorgungssicherheit und wirtschaftliche Stabilität von entscheidender Bedeutung.

## Das ungenutzte Potenzial industrieller Abwärme

Mit industrieller Abwärme ließen sich potenziell Millionen von Haushalten beheizen. Derzeit entspricht die in der EU-Industrie verschwendete Wärmemenge dem Wärmebedarf von 10 Millionen Einfamilienhaushalten. Dies ist einer der Gründe, warum Sektorenkopplung im Hinblick auf Fernwärme so wichtig ist.



Verschwendete **überschüssige Wärme** aus der Industrie der EU...

könnte **10.000.000** Haushalte beheizen

Quelle: Verband der dänischen Industrie

**Wenn Sie mehr über Sektorenkopplung erfahren möchten, laden Sie unser Whitepaper zum Thema herunter.**

Bildrechte: Loannis Sifnaios

# Wärmespeicher für kältere Tage

Der Ausgleich von Energieverbrauch und erzeugung ist entscheidend für ein Energiesystem, das auf fluktuierende erneuerbare Energien angewiesen ist. Das Fernwärmesystem in Kopenhagen umfasst vier KHK- und drei Müllverbrennungsanlagen, die gleichzeitig Wärme und Strom erzeugen. Darüber hinaus wird beim Fernwärmesystem in Kopenhagen die Kapazität von Wärmepumpen erhöht, die Strom zur Wärmeerzeugung nutzen können. Dies kann zu einer überschüssigen Wärmeproduktion führen, wenn Strom über KWK-Anlagen am Markt benötigt wird oder wenn der Ausgleich von überschüssigem Strom über Wärmepumpen erforderlich ist.

Um die Flexibilität zu erhöhen, haben Høje Taastrup District Heating und Vestegnens Kraftvarmeselskab I/S (VEKS) gemeinsam einen Wärmespeicher mit unterirdischem Hohlraum gebaut, der mit einer Kunststoffmembran ausgekleidet und einem versiegelten und isolierten Deckel ausgestattet ist. Geplant ist, die Speicher je nach Strom- und Wärmemarkt etwa 20 Mal pro Jahr zu leeren und wieder zu befüllen. In Dänemark gibt es zwar bereits mehrere Grubenwärmespeicher, aber diese dienen hauptsächlich als saisonale Lösungen, die mit Solarenergie verbunden sind.

Der Speicher fasst 70.000 $m^3$ Wasser mit einer Temperatur von bis zu 90 °C, was eine neuartige Membran und Änderungen des Fernwärmemanagements erforderte. Er verfügt über eine Lade-/Entladeleistung von 30 MW und kann 3.300 MWh speichern. Das entspricht einem jährlichen Beitrag von rund 1,75 Millionen Euro zur Fernwärmeversorgung Kopenhagens. Erreicht wird dies durch den flexiblen Betrieb der KWK-Anlage und Wärmepumpen, den Ersatz von Erdgas bei Spitzenlasten und eine ganzjährig effiziente Nutzung der Müllverbrennung.

**BEITRAGENDE**

Aalborg CSP,
Høje Taastrup Fernwärme,
Per Aarsleff, PlanEnergi,
Technical University of Denmark (DTU),
VEKS, Wicotec Kirkebjerg

**ORT**

Høje Taastrup, Dänemark

Bildrechte: Rambøll

# Überschüssige Wärme von Rechenzentren liefert Fernwärme

Rechenzentren sind in unserer modernen Gesellschaft unverzichtbar. Doch es ist kein Geheimnis, dass sie Energie verbrauchen. Angesichts der zunehmenden Anzahl und Größe von Rechenzentren besteht ein dringender Bedarf an Untersuchungen über Möglichkeiten zur Steigerung ihrer Energieeffizienz durch innovative Mittel, zum Beispiel die Nutzung von überschüssiger Wärme für die Fernwärme. Bei der Kooperation zwischen Meta (ehemals Facebook) und Fjernvarme Fyn, Dänemarks drittgrößtem Fernwärmeunternehmen, wird genau das umgesetzt.

Im Jahr 2020 hat Fjernvarme Fyn in Zusammenarbeit mit Meta die weltweit größte Anlage zur Fernwärmeerzeugung mit überschüssiger Wärme aus einem Rechenzentrum in Betrieb genommen. Ramboll, ein dänisches Ingenieur-, Architektur- und Beratungsunternehmen, führte Beratungen durch und entwarf eine Wärmepumpenanlage, die Energie aus dem Rechenzentrum von Meta in das Fernwärmenetz der Stadt Odense überträgt.

Ein ober- und unterirdisches Rohrleitungssystem leitet die überschüssige Wärme mithilfe von Wasser zur Wärmepumpenanlage, wo elektrische Ammoniak-Wärmepumpen die Temperatur auf eine für Fernwärme geeignete Temperatur von 70 bis 75 °C erhöhen. Verteilerpumpen speisen dann die rückgewonnene Wärme ins Netz. Die überschüssige Wärme aus dem Rechenzentrum von Meta liefert rund 125.000 MWh Fernwärme – genug für fast 7.000 Haushalte in Odense. Das verringert die Abhängigkeit von Kohle und unterstützt das Ziel von Fjernvarme Fyn, bis 2030 zu 100 Prozent erneuerbare Energien zu verwenden. Die Wärmepumpenanlage sorgt für eine Wärmerückgewinnung des Rechenzentrums in bislang ungekannter Dimension. Meta erwägt, die Größe des Rechenzentrums in Odense zu verdoppeln; dies könnte Tausenden von zusätzlichen Haushalten zugutekommen.

**BEITRAGENDE**

Fjernvarme Fyn, Rambøll

**ORT**

Odense, Dänemark

Bildrechte: EMD International

# Zuverlässige Fernwärme aus verschiedenen Wärmequellen

Damit der grüne Wandel gelingt, müssen die Verbraucherpreise für Fernwärme unabhängig von der Energiequelle niedrig bleiben. Das Fernwärmesystem in Hvide Sande verfügt über mehrere Energiequellen, darunter eine Solarthermieanlage, eine Wärmepumpe, drei 3-MW-Windturbinen und Wärmespeicher. Obwohl diese Kombination kostengünstige erneuerbare Fernwärme ermöglicht, ist das Management des täglichen Betriebs und der Strombeschaffung aufgrund der Eigenart fluktuierender erneuerbarer Energien eine Herausforderung.

Um diese Herausforderung zu meistern, installierte Hvide Sande für die Fernwärmeanlage die Softwarelösung energyTRADE des globalen Software- und Beratungsunternehmens EMD International. Dieses intelligente Steuerungssystem berechnet kontinuierlich und in Echtzeit den optimalen Betrieb der Anlage und ermöglicht so optimale Entscheidungen darüber, welche Einheiten aktiviert werden sollen und ob Strom auf den verschiedenen Märkten verkauft oder gekauft werden soll.

Die energyTRADE-Lösung bietet Hvide Sande District Heating einen Überblick über den effizientesten Betriebsplan der gesamten Anlage. Dadurch mussten die Einwohner von Hvide Sande 2022 nur ein Zehntel des durchschnittlichen jährlichen Heizpreises in Dänemark zahlen und Hvide Sande District Heating konnte 92,4 Prozent der Wärme aus erneuerbaren Energiequellen erzeugen.

**BEITRAGENDE**

EMD International,
Hvide Sande Fernwärme

**ORT**

Hvide Sande, Dänemark

Bildrechte: Grundfos

# Von industrieller Kühlung zu Fernwärme

Im Jahr 2013 weihten das Industrieunternehmen Grundfos und der lokale Energieversorger GEUS ein gemeinsames System ein, um die Abwärme der Kühlkompressoren in den Grundfos-Fabriken für Fernwärme zu nutzen. Der Betrieb von Kompressoren erfordert viel Energie und ist daher teuer. Außerdem muss eine große Menge an überschüssiger Wärme über Kühltürme an die Atmosphäre abgegeben werden. Zumindest war das bisher so.

Das System arbeitet in drei Stufen: Im Sommer benötigt Grundfos keine Wärme. Daher wird die gesamte überschüssige Kondensatorwärme der Kühlkompressoren in einen Aquiferspeicher übertragen, wo die Wärme gespeichert wird. Im Herbst, wenn das Fernwärmesystem Wärme benötigt, stehen noch 80 bis 85 Prozent der im Sommer gespeicherten Wärme zur Verfügung. Um die Temperatur im Fernwärmenetz auf das im Fernwärmenetz benötigte Niveau anzuheben, setzt GUES eine Wärmepumpe ein. Im Winter bezieht das Fernwärmeunternehmen die überschüssige Wärme sowohl aus dem Speicher als auch direkt von den Kompressoren.

Insgesamt investierten die Partner 5,5 Millionen Euro zu gleichen Anteilen, und jährlich werden 457.000 Euro an Energiekosten eingespart. Zu diesem Betrag können die eingesparten Kosten für Wasser hinzugerechnet werden. Dies entspricht einer Amortisationszeit von 10 bis 12 Jahren. Darüber hinaus verhindert das System die Freisetzung von 3.700 Tonnen $CO_2$ pro Jahr und unterstützt damit das Engagement von Grundfos und GEUS, ihren $CO_2$-Fußabdruck zu reduzieren.

**BEITRAGENDE**

Grundfos, GUES

**ORT**

Bjerringbro, Dänemark

KAPITEL 5

# Digitalisierung in der gesamten Wertschöpfungskette

Die Digitalisierung kann mit ihrem Potenzial zur Optimierung von Betriebsabläufen und Begrenzung von Unsicherheiten als Wegbereiter für ein effizientes, zuverlässiges und resilientes Fernwärmesystem angesehen werden.

Um die Vorteile eines Fernwärmesystems voll ausschöpfen zu können, muss das Zusammenspiel von Energiequellen, verteilung und verbrauch optimal ausgerichtet sein. Dies erfordert die Erfassung von Daten und ein intelligentes Systemmanagement über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg – von der Planung über die Beschaffung und Produktion bis hin zur Verteilung, dem Verbrauch und der Kundeninteraktion.

**Warum Digitalisierung?**
Die Bedeutung von digitalisierten und KI-basierten Tools für Fernwärmesysteme wird deutlich, wenn man die Komplexität von Aufbau und Management moderner Fernwärmesysteme betrachtet. Der Übergang vom Modell einer einzigen Wärmequelle zu einem Modell mit unterschiedlichen Quellen, einschließlich fluktuierender erneuerbarer Energien und Abwärme, ist in Kombination mit dem Upgrade auf ein Energiesystem mit Sektorenkopplung keine leichte Aufgabe.

Hierbei können digitale Lösungen helfen, die Produktionskosten und die Planung durch Wettervorhersagen, Nachfrageschätzungen und Strompreisanalysen zu optimieren. Auf diese Weise können Heizsysteme adäquat auf Energie- und Preisschwankungen reagieren. Darüber hinaus ermöglichen digitale Zwillinge und präskriptive Analysen den Fernwärmeunternehmen, verschiedene Szenarien oder Optionen für Investitionen, Produktion, Planung und Wartung in Betracht zu ziehen und so Unsicherheiten zu mindern.

Vom datengestützten und digitalisierten Betrieb profitieren sowohl Anbieter als auch Verbraucher. So können Fernwärmeunternehmen beispielsweise die Daten von fernauslesbaren Wärmezählern zur Temperaturoptimierung nutzen und so die Netzverluste um 5 bis 10 Prozent und die Verbraucherpreise reduzieren. Außerdem können Unternehmen die Investitionen minimieren, die für die Umstellung von Erdgas auf Fernwärme erforderlich sind, da die fernauslesbaren Daten eine bessere Auslastung des bestehenden Verteilersystems und der vorhandenen Anlagen ermöglichen.

**Auf dem Weg zu einem grüneren, stärker digitalisierten Versorgungssektor**
Heute verwenden mehr als 60 Prozent der Fernwärmeunternehmen in Dänemark stündlich oder täglich Daten der Zähler in ihren Betrieben, obwohl sie zu Abrechnungszwecken nur einmal im Monat Zähler ablesen müssen. Die meisten Fernwärmeunternehmen können diese hochwertigen Daten ohne zusätzliche Kosten mit ihren Kunden teilen.

Die Digitalisierung des Fernwärme- und Versorgungssektors wird von der dänischen Regierung unterstützt. Im Jahr 2022 hat die Regierung eine neue Strategie für die Digitalisierung in allen gesellschaftlichen Bereichen vorgelegt. Die Strategie konzentriert sich unter anderem auf Transparenz und Datenschutz, um digitale Ressourcen und Infrastrukturen über Wertschöpfungsketten und verschiedene Versorgungsunternehmen hinweg besser nutzen zu können.

Letztendlich können solche Bemühungen zu erheblichen Einsparungen führen. Eine vorsichtige Schätzung in Dänemark geht davon aus, dass die verstärkte Nutzung von Daten für den Fernwärmesektor ein Einsparpotenzial von etwa 134 Millionen Euro pro Jahr bietet.

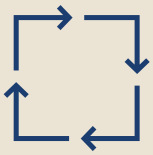
# Datengestützte Abläufe können:

**den grünen Wandel und die Sektorenkopplung durch die effektive Integration von erneuerbaren Energien, Power-to-X und anderen Abwärmequellen beschleunigen**

**die Wärmekapazität von Gebäuden integrieren, um Lastspitzen zu reduzieren**

**eine bessere Wärmeplanung und Entscheidungen über den Systemaufbau ermöglichen**

**zustandsorientierte Wartungen durchführen**



**vorhandene Produktions- und Verteilungskapazitäten im Zusammenhang mit der Umstellung von Gas nutzen**

**administrative Ressourcen für einen besseren Kundenservice freisetzen**

**Wärmeverluste und die erforderliche Pumpenleistung in Verteilnetzen reduzieren**

**zur Innovation und Entwicklung neuer digitaler Dienste beitragen**

## Sie möchten mehr über die Digitalisierung im Fernwärmesektor erfahren?

Wir haben gemeinsam mit der dänischen Fernwärmevereinigung (DDHA), dem dänischen Fernwärmeverband (DBDH) und dem Thinktank Brundtland (ehemals Grøn Energi) einen Katalog zusammengestellt, der aufzeigt, wie der dänische Fernwärmesektor die Digitalisierung über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg angeht. Darin werden 18 Fälle von Digitalisierung und datengestützten Abläufen im dänischen Fernwärmesektor beschrieben.

Bildrechte: Danfoss

# Reduzierung von Lastspitzen mit KI-basierter Wärmeregelung

Der Wärmeverbrauch in Gebäuden schwankt im Laufe des Tages und erreicht zu bestimmten Zeiten, zum Beispiel am Morgen, Spitzen. Eine direkte Reaktion auf diese Spitzen ist jedoch ineffizient und kann zu höheren $CO_2$-Emissionen führen.

Aus diesem Grund haben sich Danfoss, HOFOR und Københavns Ejendomme (eine große Wohnungsbaugesellschaft) zusammengetan, um die $CO_2$-neutrale Grundlastproduktion in Kopenhagen durch den Einsatz einer KI-basierten Wärmeregelung zu optimieren.

Danfoss Leanheat Building ist ein KI-basiertes System, welches das Gebäudeverhalten lernt und die thermische Flexibilität nutzt, um Lastspitzen zu reduzieren. In Spitzenzeiten senkt es den Raumwärmebedarf und lädt die Gebäude in Schwachlastzeiten auf. In den Heizperioden 2021/22 und 2022/23 wurde das System in 120 kommunalen Gebäuden eingesetzt, um den Wärmeverbrauch flexibler zu gestalten.

Die Ergebnisse zeigten, dass die durchschnittliche morgendliche Spitzenlast auf Gebäudeebene um 13,2 Prozent sank, während der Gesamtwärmeverbrauch dank KI-basierter, prädiktiver Solarkompensation um 5 bis 7 Prozent gesenkt werden konnte.

In den Referenzgebäuden sank die Gesamtspitzenleistung von 1.703 kW auf 1.323 kW, was einer Reduzierung um 22,3 Prozent entspricht. In dieser Berechnung wurde die höchste Spitze während der Spitzenlastverschiebung mit der höchsten Spitze aus dem Vorjahr unter ähnlichen Außenbedingungen verglichen, wobei Ausreißer ausgeschlossen wurden. Die Zusammenarbeit wird bis heute fortgesetzt, um den Wirksamkeitsnachweis in bis zu 700 Gebäuden zu erbringen, mit dem Ziel, die finanziellen und ökologischen Vorteile der Flexibilität im Fernwärmesystem in größerem Maßstab zu quantifizieren.

**BEITRAGENDE**

Danfoss, HOFOR

**ORT**

Kopenhagen, Dänemark

Bildrechte: Næstved Fjernvarme

# Datengestützte Absenkung der Systemtemperaturen

Fernwärmeunternehmen passen Druck und Temperatur an die Bedürfnisse des Kunden an, der sich am ungünstigsten Standort befindet, um sicherzustellen, dass alle Gebäude ausreichend mit Wärme versorgt werden. Für die Energieeffizienz ist es entscheidend, die Rücklauftemperatur zu minimieren und so die Kühlung des Fernwärmewassers zu maximieren.

Im Jahr 2017 ging Næstved Fjernvarme eine Partnerschaft mit der Gemeinde Næstved ein, um Energieverluste zu reduzieren, indem das Management und die Überwachung der Systemtemperaturen auf Kundenebene verbessert wurde.

Alle Kunden von Næstved Fjernvarme verfügen über Kamstrup-Wärmezähler, die stündlich Daten an eine zentrale Datenbank übermitteln. Auf Basis dieser Daten wurden Kunden mit schlechter Energieausnutzung oder hohen Rücklauftemperaturen kontaktiert, um einen Besuch zu vereinbaren. Nach jedem Besuch erhielten sie einen Bericht, in dem Mängel in ihrem Heizsystem aufgeführt waren.

Während des Projekts wurden bei 1.221 Besuchen häufige Probleme wie defekte Ventile festgestellt. In der Folge führte Næstved Fjernvarme finanzielle Anreize für Kunden ein, um Mängel zu beheben, einschließlich einer Tariferhöhung von 1 Prozent pro Grad Celsius, wenn die Rücklauftemperaturen 50 °C überschreiten.

Daraufhin sank von 2017 bis 2020 die durchschnittliche Vorlauftemperatur um 13,6 Prozent und die Rücklauftemperatur um 8,4 Prozent. Darüber hinaus wurden über 300 neue Fernwärmeeinheiten installiert, was zu Energieeinsparungen von 4.936 MWh und einer Reduzierung der $CO_2$-Emissionen um 627 Tonnen führte. Die Kunden von Næstved haben zusammen rund 536.000 Euro pro Jahr eingespart, und kommunal wurden ca. 3,5 Millionen Euro durch die Vermeidung neuer Infrastrukturinvestitionen eingespart.

**BEITRAGENDE**

Kamstrup,
Næstved Fjernvarme

**ORT**

Næstved, Dänemark

KAPITEL 6

# Die Zukunft von Fernwärme

Es wird erwartet, dass die Fernwärmesysteme in den kommenden Jahren aufgrund der zunehmenden Urbanisierung, des technologischen Fortschritts, eines stärkeren Fokus auf Ressourceneffizienz und der steigenden Verbrauchernachfrage nach Komfort – sowie eines gesellschaftlichen Drangs nach Dekarbonisierung – wachsen werden.

**Wachsende Nachfrage in der Zukunft**
Nach Angaben von Euroheat & Power gibt es in Europa rund 19.000 Fernwärmesysteme mit einer Gesamtlänge von 200.000 km und einer installierten Leistung von 300.000 MW, die 13 Prozent des europäischen Wärmebedarfs decken.

Die Fernwärmeversorgung wird ausgebaut werden, angetrieben durch Marktkräfte und Vorschriften wie die Energieeffizienzrichtlinie, die Wärme- und Kältepläne vorschreibt, die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und das EHS, das ab 2027 einen $CO_2$-Preis für fossile Brennstoffe, die in Gebäuden verwendet werden, einführen wird. Außerdem treibt die nationale Wärmegesetzgebung in Ländern wie Deutschland und den Niederlanden die Entwicklung voran.

Euroheat & Power geht davon aus, dass im Rahmen nationaler Klima- und Energieziele bis 2030 rund 8 Millionen weitere europäische Haushalte an Fernwärme angeschlossen werden.

**Umweltfreundlicher, effizienter und kühler**
Der Anteil erneuerbarer Energien an der Fernwärme, der derzeit bei 40 Prozent liegt, wird mit dem Ausstieg aus fossilen Brennstoffen weiter steigen. Große Wärmepumpen, die mit erneuerbarem Strom betrieben werden, sind wichtige Treiber, ebenso wie die zunehmende Integration der Geothermie, die derzeit 3 Prozent des Mixes ausmacht. Der derzeit bescheidene Anteil der Solarthermie wird voraussichtlich auch zunehmen, wenn mehr Projekte in ganz Europa Gestalt annehmen.

Abwärme, die derzeit weniger als 10 Prozent der Fernwärme ausmacht, ist ein weiteres Wachstumsfeld. Euroheat & Power identifiziert Abwasser, Industrie, Rechenzentren, Elektrolyse und den Lebensmitteleinzelhandel als die Quellen mit dem größten unmittelbaren Potenzial, den Anteil der Abwärme in Fernwärmesystemen zu erhöhen.

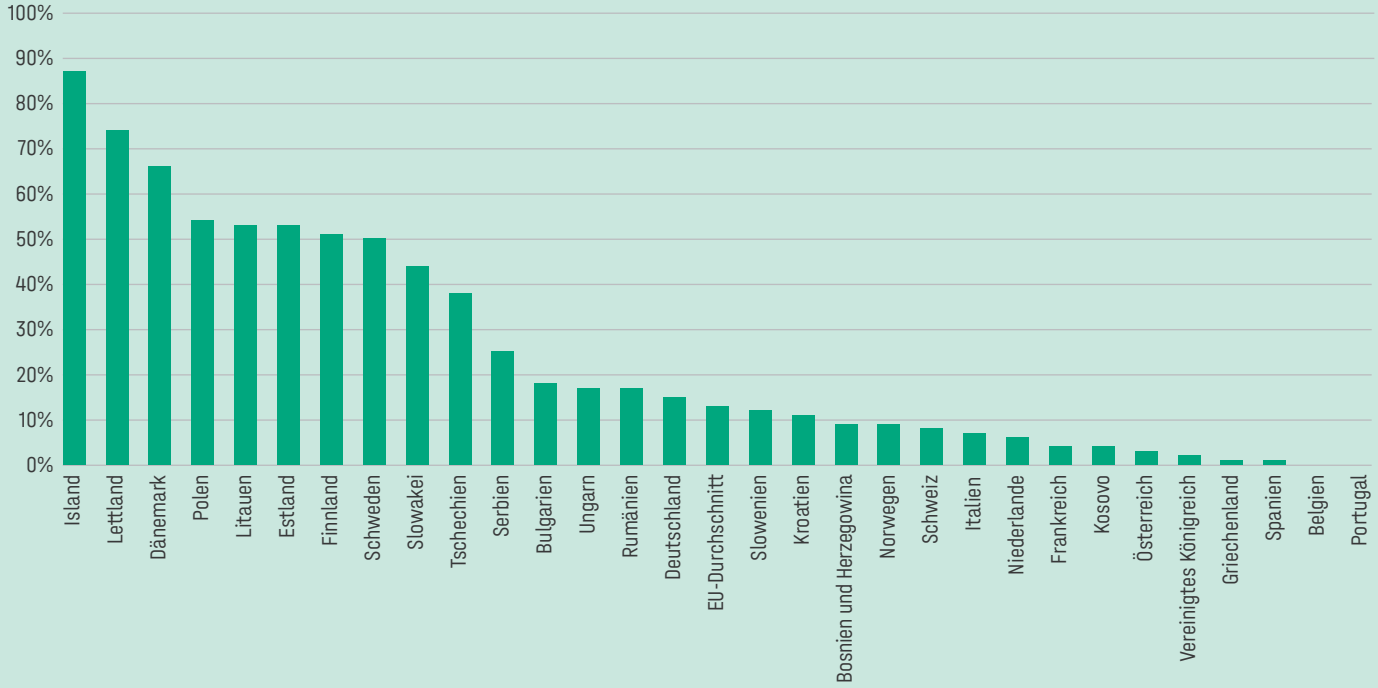
Das Potenzial für Wärmespeicher wächst rasant, als Reaktion auf den steigenden Bedarf an Energiespeicherung, der durch die Integration erneuerbarer Energien vorangetrieben wird. Wärmespeicher bieten eine technologisch und wirtschaftlich sinnvolle Alternative zu Gas- und Stromspeichern sowie Flexibilität sowohl für Kurz- als auch für Langzeitspeicherlösungen.

Die Entwicklung von Fernwärme der vierten Generation senkt die Wassertemperaturen, verbessert die Energieeffizienz und ermöglicht eine stärkere Nutzung und Speicherung von Abwärme. Diese effizienten Niedertemperatursysteme werden eine wichtige Rolle in zukünftigen Fernwärmenetzen spielen, sowohl in neuen als auch in nachgerüsteten Netzen, die eine fortschrittliche Überwachung und Optimierung erfordern. Digitale Lösungen werden zunehmend eingesetzt, um die Leistung zu optimieren und die Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

Nach Angaben der Internationalen Energieagentur (IEA) macht die Kühlung derzeit rund 20 Prozent des weltweiten Strombedarfs aus. Der Bedarf an Kühlung wird voraussichtlich steigen, insbesondere in wärmeren Ländern, da die Auswirkungen des Klimawandels, Bevölkerungszahlen und Einkommen zunehmen. Fernkältesysteme, die nach dem gleichen Prinzip wie Fernwärme funktionieren, werden zu einer attraktiven Alternative zu einzelnen Kühllösungen. Sie sorgen für eine höhere Energieeffizienz, sparen wertvollen Platz in der Stadt und vereinfachen den Betrieb von Kühlsystemen.

Anteil der Bürger, die mit Fernwärme versorgt werden

Quelle: Euroheat & Power

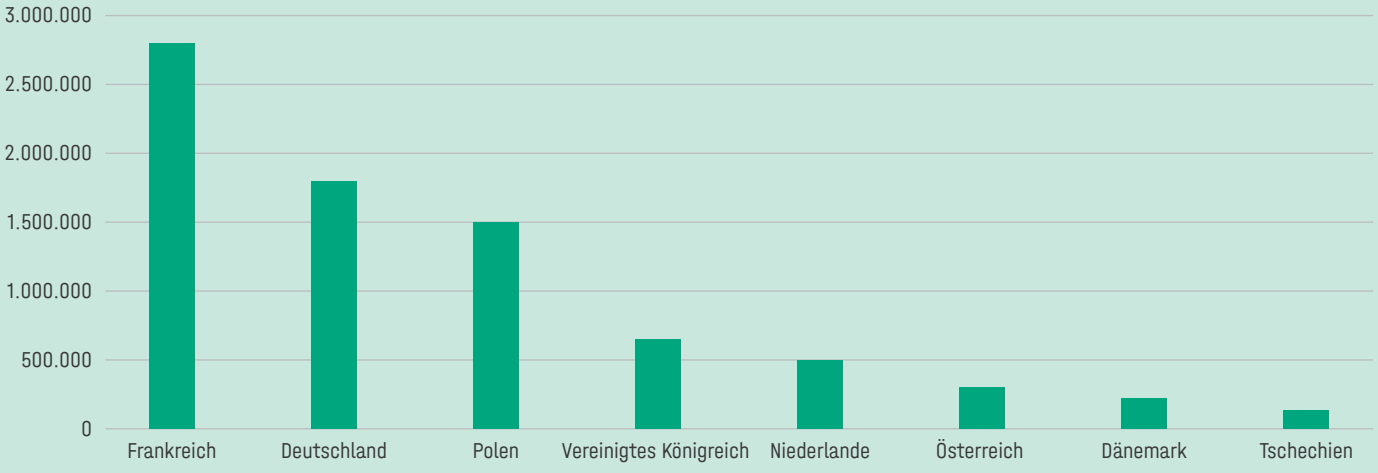



# Anteil der Bürger, die mit Fernwärme versorgt werden (2022)

Die Nutzung von Fernwärme ist aufgrund von Faktoren wie Klima, städtischer Dichte und verfügbaren Energieressourcen von Land zu Land sehr unterschiedlich. Unterschiede in den regulatorischen Rahmenbedingungen, den Bautraditionen und der Energiepolitik sind jedoch der Hauptgrund für die unterschiedliche Nutzung von Fernwärme. Aus diesem Grund werden die regulatorischen Entwicklungen, die derzeit sowohl auf EU-Ebene als auch auf nationaler Ebene stattfinden, für die Zukunft der Fernwärme von entscheidender Bedeutung sein.

Erwartete neue Haushalte, die bis 2030 an die Fernwärme angeschlossen werden

Quelle: Euroheat & Power




# Zusätzliche Haushalte, die bis 2030 an Fernwärme angeschlossen werden

Die aktuelle Energiekrise hat neue Impulse gegeben, um den Wandel im Wärmesektor zu beschleunigen. Neben den notwendigen Maßnahmen zur Bewältigung der kurz- und mittelfristigen Auswirkungen der Krise haben viele europäische Länder längerfristige Strategien zur Beschleunigung ihrer Wärmewende entwickelt und erneutes Interesse an der Entwicklung von Fernwärme- und Fernkältesystemen gezeigt. Dies ist für den grünen Wandel von entscheidender Bedeutung: Laut einer Studie der Universität Aalborg sollen Fernwärmenetze bis 2050 rund 48 Prozent des Wärmebedarfs der EU decken, um die Ziele des Pariser Abkommens zu erreichen.

# Abkühlung einer Hauptstadt mit Meerwasser

Fernkälte hat im Vergleich zu herkömmlichen elektrisch betriebenen Klimaanlagen einen geringeren Energie-Fußabdruck. Außerdem bedeutet das Wertversprechen von Fernkälte für Gebäudebereiche mehr Platz, da sie dezentral ist und es den Kunden ermöglicht, beispielsweise Keller oder Dachflächen für wertvollere Zwecke als große Klimaanlagen zu nutzen.

Bei Fernkälte handelt es sich nicht um eine neue Dienstleistung. Das Versorgungsunternehmen HOFOR zählt sie seit 2009 zu seinen Verantwortungsbereichen. Die Kühlmethode basiert auf dem gleichen Prinzip wie beim Fernwärmesystem, jedoch mit dem gegenteiligen Effekt: Kälte statt Wärme zu liefern. In Kopenhagen wird bei der Fernkälte Meerwasser genutzt, das die Stadt umgibt und über einen geschlossenen Kreislauf zu den Kühlanlagen und dann weiter zu den Kühlkunden geleitet wird. Fernkälte wird sowohl zur Komfortkühlung eingesetzt, zum Beispiel in Gewerbeimmobilien, Banken, Hotels und Museen, als auch zur Kühlung von Serverräumen, die eine präzise Temperaturregelung erfordern.

HOFOR liefert derzeit über 100 Megawatt Fernkälte an Großkunden und versorgt damit rund 3 Millionen Quadratmeter. Fernkälte ist mittlerweile in mehreren Teilen Kopenhagens vertreten, zukünftige Erweiterungen sind bereits für 2025 geplant. Diese innovative Lösung deckt nicht nur den Kältebedarf der Stadt, sondern fördert auch die Stadtentwicklung, indem sie Raum für grüne Infrastruktur und Initiativen schafft.

**BEITRAGENDE**

Brøndum, COWI, Danfoss, Desmi, DI Teknik, Eurocon, Gottlieb Paludan, Grundfos, HOFOR, Isoplus, Johnson Controls, LMbyg, Logstor, NCC, Rambøll, Svedan Køleindustri

**ORT**

Kopenhagen, Dänemark

# Perfektionierung und Ausbau von Leitungen quer durch Hamburg

Nach mehr als einem halben Jahrzehnt als Kohlekraftwerk mit zwei Blöcken wird das Heizkraftwerk Wedel mit einer Bruttoleistung von 289,7 MW den Kohleverbrauch in der verbleibenden Betriebszeit schrittweise um bis zu 30 Prozent reduzieren. Durch die Einsparung von rund 150.000 Tonnen Kohle trägt seine Stilllegung zu einer deutlichen Reduzierung der $CO_2$-Emissionen bei. Die Stilllegung des Heizkraftwerks Wedel erfordert jedoch die Identifizierung alternativer Wärmequellen. Dies ist eine Gelegenheit, verstärkt klimaneutrale Abwärme in das Fernwärmenetz einzuspeisen. Es ist jedoch eine Herausforderung, auf dem Weg durch das Fernwärmenetz effektiv Energie einzusparen.

Die klimaneutrale Abwärme aus industriellen Prozessen und ein geplantes Abwasser-Wärmepumpen-Projekt im Süden Hamburgs bieten die Chance, signifikante Wärmeressourcen für das Fernwärmenetz in der Stadt nutzbar zu machen. Um die Versorgungssicherheit für zukünftige Stadterweiterungen zu stärken, ist die Errichtung einer 7,6 km langen Transportleitung eine kosteneffiziente Lösung. Kingspan LOGSTOR wird vorisolierte Systeme für den Großteil der Leitung liefern. Durch die Unterquerung der Elbe wird diese Leitung bis nach Bahrenfeld verlaufen und dort an den westlichen Zweig des Hamburger Fernwärmenetzes angeschlossen.

Es wird erwartet, dass die Verwendung der vorisolierten Rohre von Kingspan LOGSTOR zu erheblichen Energieeinsparungen führen und den Energieverlust um beachtliche 5.000 MWh pro Jahr reduzieren kann.

**BEITRAGENDE**

Kingspan LOGSTOR

**ORT**

Hamburg, Deutschland

# Amager Bakke: Waste-to-Energy und $CO_2$-Abscheidung

Wie bei allen anderen Verbrennungsprozessen entsteht auch bei der energetischen Verwertung (Waste-to-Energy, WtE) $CO_2$. Bei der Versorgung von rund 90.000 Haushalten mit Strom und Fernwärme pro Jahr emittiert das Amager Ressourcecentre (ARC) jährlich 560.000 Tonnen $CO_2$ aus seiner WtE-Anlage Amager Bakke. Die Kohlenstoffabscheidung wird für WtE-Anlagen der Zukunft von entscheidender Bedeutung sein, da sie es ihnen ermöglicht, sowohl fossiles als auch biogenes $CO_2$ abzuscheiden und zu speichern und so den $CO_2$-Gehalt in der Atmosphäre zu senken. Etwa zwei Drittel der $CO_2$-Emissionen von Amager Bakke sind biogen.

Nach erfolgreichen Pilotversuchen im Jahr 2021 hat ARC Ende 2023 eine hochmoderne Demonstrationsanlage zur Kohlenstoffabscheidung eingeweiht. Die Anlage scheidet $CO_2$ aus Amager Bakke ab und wandelt es in flüssige Form um. Langfristiges Ziel ist es, die überschüssige Wärme aus dem Abscheidungsprozess zu ernten und im Fernwärmenetz zu nutzen. Das abgeschiedene $CO_2$ wird derzeit für industrielle Zwecke verkauft. Das $CO_2$ wird unter anderem für den Gemüseanbau in Østervang, einem der größten Gartenbaubetriebe Seelands, verwendet.

Die Demonstrationsanlage ist seit Ende 2023 in Betrieb und scheidet täglich bis zu 4 Tonnen $CO_2$ ab. Dies ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zum Ziel von ARC, jährlich bis zu 500.000 Tonnen $CO_2$ in vollem Umfang abzuscheiden. Darüber hinaus könnte die Restwärme aus dem Prozess in einer zukünftigen Großanlage den Wärmebedarf der umliegenden Gebiete decken, die derzeit auf Gaskessel angewiesen sind.

Letztendlich hat dieses Projekt dänische Geschichte geschrieben, indem es die erste gesamte Wertschöpfungskette von der Abscheidung von $CO_2$ in einer WtE-Anlage demonstriert und wesentlich zu neuen Erkenntnissen in diesem Bereich beiträgt.

**BEITRAGENDE**

Amager Resource Center, DTU, Rambøll, Pentair

**ORT**

Copenhagen, Denmark

Erfahren Sie mehr über dänische Fernwärmelösungen, finden Sie weitere Fälle aus der ganzen Welt und vernetzen Sie sich mit dänischen Experten für Fernwärme unter:

**stateofgreen.com**

**STATE OF GREEN IST EINE GEMEINNÜTZIGE, ÖFFENTLICH-PRIVATE PARTNERSCHAFT, GEGRÜNDET VON:**

Danish Industry

Danish Agriculture & Food Council

GREEN POWER DENMARK

Ministry of Industry, Business and Financial Affairs

Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities

Ministry of Environment of Denmark

Ministry of Foreign Affairs of Denmark