

Cooler Ideen für heiße Lösungen

UNSERE STÄDTE NACHHALTIG WARM HALTEN

Leitfaden für die Umstellung auf nachhaltige Fernwärme



Vorwort

Dieser Leitfaden dient als Orientierung in einigen der wichtigsten Fragen, die durch die **Aufrüstung ihrer Nah- und Fernwärme** durch den Einsatz nachhaltiger Energiequellen – aus einer Vielzahl erneuerbarer Energiequellen und / oder Abwärme, aus industriellen/gewerblichen Prozessen - entstehen können.

Die Integration und vollständige Umstellung auf diese **umweltfreundlicheren Alternativen** ist nicht nur auf operativer Ebene sinnvoll, sondern unterstützt, wenn nicht sogar wesentlich, die erfolgreiche Umsetzung einer Vielzahl der wichtigsten politischen Initiativen Europas, wie z.B.:

- Gründliche Stärkung der politischen Ambitionen, insbesondere des Ziels des **Europäischen Green Deal** der Dekarbonisierung, Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft;
- Bewusstes **Angehen von Umweltproblemen**, insbesondere Verbesserung der Luftqualität und Beitrag zum Pariser Abkommen und zur Klimaneutralität bis 2050;
- Sinnvolle Auseinandersetzung mit **sozialen Auswirkungen**, vor allem Bekämpfung der Energiearmut und Anleitung der Regionen, zu einem „gerechten Übergang“ zum Ausstieg aus allen fossilen Brennstoffen.

- Systematische Förderung **regionaler Wertschöpfungsketten** für intelligente Spezialisierung und wirtschaftlicher (Co-) Vorteile, die sich aus der Schaffung lokaler Arbeitsplätze und der ganzheitlichen Widerstandsfähigkeit ergeben.

Zu beachten ist auch, dass sich diese Broschüre zwar auf wärmeversorgungsseitige Möglichkeiten des Energieträgerwechsels konzentriert, dies jedoch nicht die gleichzeitige Notwendigkeit der Effizienz vor Ort ausschließt - es handelt sich nicht um einen Entweder-Oder-Weg. Nachfrageseitige Verbesserungen (z. B. in Anlehnung an die „Renovierungswelle“ der EU für Gebäude) und Nachrüstungen zur Effizienzsteigerung von Warmwassersystemen stellen beide praktikable, komplementäre Lösungen für nachhaltige Energieerzeugung dar. Tatsächlich stellt ein solch vielschichtiger Ansatz sicher, dass sich (insbesondere in Mittel- und Osteuropa) die Nahwärmeanbieter wirklich zu effektiveren, zuverlässigeren, erschwinglicheren und nachhaltigeren Dienstleistern entwickeln, die sie werden können und müssen.

Inhaltsverzeichnis

Warum auf nachhaltige Energiesysteme umsteigen	4
Warum ist der Ausstieg aus fossilen Brennstoffen wirtschaftlich sinnvoll?	6
Wie können sich nachhaltige Energiequellen gegen Kohle, Öl und Gas behaupten?	8
 Biomasse	10
 Solarthermie	12
 Geothermie	14
 Wärmepumpen	16
 Überschüssige Wärme	18
Welche nachhaltige Energie ist für Ihr Heizwerk optimal?	20
Wie können kooperative Bemühungen die Aufrüstung nachhaltiger machen?	22
Was sind die nächsten Schritte, um nachhaltig voranzukommen?	24



Warum auf nachhaltige Energiesysteme umsteigen?

Obwohl am häufigsten in Bezug auf ihre großen Vorteile bei der Bekämpfung des Klimawandels gesprochen wird, stimulieren nachhaltige Energietechnologien, die erneuerbare Energien (RE) und überschüssige Wärmequellen (ExH) nutzen, **vielfältige Vorteile**, unerreicht von fossilen Brennstoffen. Lesen Sie weiter, um mehr darüber zu erfahren, wie und warum wir alle diese besseren Alternativen für die Fernwärme (DH) nutzen sollten!

- Der wichtigste Grund ist ihr unschlagbares Potenzial, zur drastischen Reduzierung der Treibhausgasemissionen auf Null beizutragen - dies ist etwas, das uns allen wichtig sein sollte, von Behörden, die politische Ziele erfüllen, über Unternehmen, die durch verantwortungsvolle Praktiken profitieren, bis zu Kunden, die umweltfreundlichere Dienstleistungen fordern.
- Über das CO₂ hinaus geht es auch darum, die Umweltverschmutzung insgesamt zu verringern, da durch die Umstellung von fossilen Brennstoffen auf nachhaltige Energien schädliche Umweltschadstoffe wie SO₂, NO_x, Feinstaub usw. drastisch reduziert werden können. Dies bedeutet eine erhebliche Verbesserung der Lebensqualität, widerstandsfähigere Ökosysteme und die Vermeidung massiver Gesundheitskosten* durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe.
- Die Umstellung der Heizwerke auf Basis nachhaltiger, regionaler Energiequellen ist auch ein wichtiger Schritt, um zirkuläre wirtschaftliche Prinzipien in die Praxis umzusetzen und systematische Ineffizienzen im Energiesektor direkt zu beheben. Die Integration von Erneuerbaren/ Abwärme ist nicht nur eine wichtige Maßnahme zur Energieeffizienz



- (EE) an sich, sondern stellt auch sicher, dass lokale Ressourcen kosteneffizient genutzt werden, was dann dazu beiträgt, weitere Innovationen für das Wachstum wettbewerbsfähiger Volkswirtschaften voranzutreiben.
- Während die (stark subventionierte) Industrie für fossile Brennstoffe normalerweise sehr mechanisiert und kapitalintensiv ist, ist der Bereich der Erneuerbaren stärker auf qualifizierte Arbeitskräfte angewiesen. Diese Vermeidung von Kosten für eine derart schwere Infrastruktur bedeutet, dass ein Nahwärme-System, basierend auf Erneuerbaren, mehr lokale Beschäftigungsmöglichkeiten bedeutet, die sowohl ländlichen als auch städtischen Regionen zugutekommen und gut bezahlte Arbeitsplätze für hochmoderne Spezialisierungen bieten.
 - Was die finanzielle Seite anbelangt, so lohnt sich, daran zu denken, dass Erneuerbare und Abwärme ihre Vorteile für Ihr Nahwärme-Unternehmen zu sehr niedrigen Betriebskosten generieren. Viele Erneuerbare-Quellen stehen kostengünstig zur Verfügung, während die Abwärme im Wesentlichen nur ein ungenutztes Nebenprodukt anderer Prozesse ist. Daher sollte der Mehrwert, der durch die Nutzung dieser Ressourcen für Heizzwecke erzielt wird, für Heizwerksbetreiber oder deren Kunden mit relativ geringen zusätzlichen Kosten verbunden sein (was letztendlich sogar zur Verringerung der Energiearmut führt).
 - Da erneuerbare Energien im Allgemeinen unerschöpfliche Ressourcen sind und Abwärme-Prozesse wahrscheinlich ohnehin fortgesetzt werden, können diese nachhaltigen Optionen zudem recht stabile Preise und möglicherweise sogar neue Einnahmequellen für lokale Unternehmen bieten. Das Ergebnis dieser komplementären Energien ist ein zuverlässiger und belastbarer Betrieb, der den herkömmlichen Brennstoffen in nichts nachsteht.

Foto: Pikrepro



* Beispielsweise wird geschätzt, dass die gesundheitlichen Auswirkungen der Verbrennung von Kohle in Europa die europäischen Behörden und Einzelpersonen mindestens 42,8 EUR Milliarden pro Jahr kosten.

Dekarbonisierung - warum ist das wirtschaftlich sinnvoll?

Obwohl sie im Wesentlichen einen entscheidenden Dienst für die Öffentlichkeit leisten, muss beachtet werden, dass Heizwerksbetreiber Unternehmen sind. Zur Unterstützung dieser Perspektive ist es wertvoll zu erkennen, dass Optionen für erneuerbare Energien (RE) und überschüssige Wärme (ExH) **gegenüber fossilen Brennstoffen deutliche finanzielle Vorteile** haben:

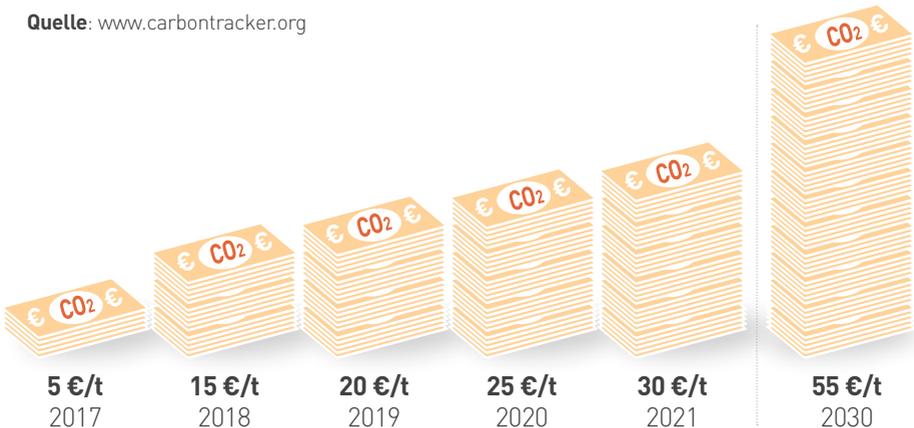
- Sehr vernünftige Amortisationszeiten;
- In der Regel geringere Kosten, insbesondere für den laufenden Betrieb und die Wartung;

- Kosteneffiziente Anpassung und Upgrades durch modulare Technologien;
- Stabile, kostengünstige RE- und ExH-Ressourcen vor Ort;
- Langfristig steigen die Preise für fossile Brennstoffe aufgrund sinkender Reserven, steigender Förderkosten und beschleunigter Preise für CO₂-Zertifikate in der EU.

Solche Faktoren und Markttrends zeigen die inhärente **Wettbewerbsfähigkeit der Nahwärme auf der Grundlage kostengünstiger nachhaltiger Energien**.

Preisentwicklung der EU CO₂-Zertifikate

Quelle: www.carbontracker.org



Darüber hinaus sollten Nahwärme-Systeme, die auf fossile Brennstoffe angewiesen sind, die klaren finanziellen Auswirkungen größerer politischer und investitionstechnischer Trends stärker berücksichtigen, die beginnen, die europäischen Märkte wieder in ein Gleichgewicht – weg von fossilen Brennstoffen zu bringen. Ihr Geschäftsergebnis könnte durch **Subventionen** beeinflusst werden, **die aus fossilen Brennstoffen gestrichen werden**, sowie durch eine vorgeschriebene Internalisierung der versteckten Kosten von Kohle, Erdgas und Öl (z.B. verzögertes Wirtschaftswachstum/Innovation, Beeinträchtigung der öffentlichen Gesundheit und Verschmutzung von Luft, Wasser, Boden und Ökosystemen). Gleichzeitig vergeben viele Banken auch bewusst **restriktivere Kredite für fossile Brennstoffe** (insbesondere Kohle), wodurch es noch wahrscheinlicher wird, dass jede weitere Investition in diese Brennstoffe eine verlorene Wette ist.

Während die offensichtlichen Vorteile umweltfreundlicherer Energiequellen immer deutlicher werden, **stimulieren** dieselben **Entscheidungsträger bewusst das Wachstum von RE und ExH**. Lokale und nationale Behörden machen umweltfreundliche Energiequellen zu Kernelementen in ihren Energieaktionsplänen und richten spezielle Haushaltslinien ein, um den Erfolg sicherzustellen. Unterdessen fordern öffentliche und private Investoren Nachhaltigkeit als Grundvoraussetzung für die Finanzierung von Projekten. Dies bedeutet, dass RE und ExH finanziell grünes Licht für die Nahwärme erhalten, während es schwieriger wird, Investitionen für mit fossilen Brennstoffen betriebene Heizwerke zu finanzieren.

Daher sollten Sie diese neue Dynamik jetzt unbedingt nutzen, indem Sie diese politischen und Markttrends als Inspiration für das Upgrade Ihres Heizwerks auf Erneuerbare und / oder Abwärme nutzen. Führende Heizwerksbetreiber sollten diese Möglichkeiten nicht verpassen - es ist heute an der Zeit, sich in die Riege der effektiven, profitablen und dekarbonisierten Heizwerke einzureihen!

Wie können sich nachhaltige Energiequellen gegen Kohle, Öl und Gas behaupten?

Für alle, die auf nachhaltige Energiequellen umsteigen möchten, ist es natürlich sehr nützlich zu wissen, wie Fernwärmesysteme (DH), die derzeit fossile Brennstoffe verbrennen, im Vergleich zu Heizwerken, die **lokale erneuerbare Energiequellen (RE)** und **überschüssige Wärmequellen (ExH)** nutzen, darstehen. Mit dem Ziel **uns** weit in die Zukunft **warm zu halten**.

Hier* finden Sie einige Details zu den wichtigsten Informationen über fossile Brennstoffe, die Sie dann auf den folgenden Seiten mit den wichtigsten RE- und ExH-Quellen vergleichen können, um die verschiedenen Vorteile aufzuzeigen, die Sie durch die Umstellung auf umweltfreundlichere Heizwerke erzielen können.

- Technische Merkmale sind unerlässlich, um zu wissen, wie bestimmte **nachhaltige Energiequellen den Heizwerk-Betrieb verbessern können**. Daher ist dies eine entscheidende Perspektive, die Heizwerks-Mitarbeiter und relevante Planer bei der Umstellung auf nachhaltige Energiesysteme berücksichtigen sollten.
- Finanzielle Kosten wie Vorabkapital und Betriebs- / Wartungskosten sollten Kernkriterien bei allen Entscheidungen von Heizwerksbetreibern sein, die eine Umstellung einleiten, aber auch Markttrends

wie die Auswirkungen der **CO₂-Preise**. Darüber hinaus sind sie auch grundlegende Eckpunkte für alle Geldgeber, die ein umweltfreundlicheres Portfolio aufbauen und die **Energiewende durch kosteneffektive, rentable Investitionen** stärken.

- Umweltaspekte sollten, wie eingangs betont, für alle wichtig sein, sind jedoch für Behörden und politische Entscheidungsträger besonders wertvoll, um zu wissen, dass RE / ExH-Heizwerke durch die Modernisierung eines der größten Energiesektoren Europas **einen großen Beitrag zu den Klimazielen** leistet. Wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, wird **Nachhaltigkeit zu einem wichtigen Maßstab für die Finanzierung von Projekten** und stellt daher ein finanzielles Hindernis für die Nutzung von fossilen Brennstoffen dar.
- Sozioökonomische Faktoren spielen eine immer wichtigere Rolle bei der Entscheidungsfindung, insbesondere bei Behörden und politischen Entscheidungsträgern, da sie einige der **wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Vorteile** nachhaltiger Energien vor Ort aufzeigen, sei es Vorteile bei der Erleichterung regionaler Übergänge weg von der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, **Schaffung von Arbeitsplätzen** oder sogar ihre positiven Auswirkungen auf Erschwinglichkeit und Energiearmut.

KOHLE



- **Anlagenkapazität: 1-100 MW**
- **Vorabkosten: 1.2-2.8 M€/MWe**
- **Betriebs- und Wartungskosten: 1,5%** der Investition + **3 € / MWh** variable (Kraftstoff-) Kosten
- **Treibhausgasemissionen: 320-400 kg/MWh**
- **CO₂-Preis für die Energieerzeugung: ~8-10 €/MWh** (~17-22 €/MWh by 2030)*
- **Arbeitsplätze in der EU: 1.01/MW**



ERDGAS



- **Anlagenkapazität: 0,5-20 MW**
- **Vorabkosten: 0,5 Mio. € / MW**
- **Betriebs- und Wartungskosten: 3%** der Investition + **40-60 € / MWh** variable (Kraftstoff-) Kosten
- **Treibhausgasemissionen: 180-220 kg / MWh**
- **CO₂-Preis für die Energieerzeugung: ~ 4,5-5,5 € / MWh** (~ 10-12 € / MWh bis 2030) *
- **Arbeitsplätze in der EU: 0,95 / MW**



HEIZÖL



- **Anlagenkapazität: 0.5-25 MW**
- **Vorabkosten: 0.5 M€/MW**
- **Betriebs- und Wartungskosten: 2-5%** der Investmentkosten + hoch volatile variable (Brennstoff) Kosten
- **Treibhausgasemissionen: 250 kg/MWh**
- **CO₂-Preis für die Energieerzeugung: ~6 €/MWh** (~14 €/MWh by 2030)*



* Eigene Annäherung zwischen den EU-CO₂-Zulassungspreisen 2020 und den Treibhausgasemissionen: 25 €/t × (___ kg / MWh × 0,001 t / kg) - die oben angegebenen zweiten Werte verwenden stattdessen 55 €/t, was dem für 2030 vorgesehenen Preis für die Kohlenstoffzulage entspricht.

Biomasse

Im Zusammenhang mit Fernwärme (DH) bleibt die Nutzung von Biomasse eine der vielseitigsten Optionen für erneuerbare Energien (RE), die direkt in Kesseln oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) eingesetzt werden kann. Sie nutzt **landwirtschaftliche und Holznebenprodukte** (z. B. Pellets oder Hackschnitzel) unter kontrollierten Verbrennungsbedingungen, um Wärme (und sogar Strom durch KWK) mit begrenzten Umweltauswirkungen zu erzeugen.

Obwohl sie die einzige Energiequelle der Erneuerbaren ist, für deren Verbrennung ein tatsächlicher Brennstoff erforderlich ist, stellt Biomasse im Falle einer ausreichenden und nachhaltigen Versorgung eine sehr effektive Möglichkeit dar, **Fernwärme mit 100% Erneuerbaren zu erreichen**. Darüber hinaus ist sie möglicherweise die Ressource mit den niedrigsten Vorab- und Langzeitkosten und kann so angepasst werden, dass sie eine Wärmelast



liefert, die den meisten lokalen Bedürfnissen entspricht. Ein wesentlicher Faktor für die Umwelt ist auf jeden Fall eine nachhaltige Nutzung. Bei lokalem Bezug (idealerweise innerhalb von 30 bis 40 km) sind die gesamten Treibhausgasemissionen (THG) **im Wesentlichen gleich Null** und zusätzlich wird auch noch die regionale Wirtschaft unterstützt.



Foto: Flickr / CC



Technische Merkmale:

- **Anlagenkapazität: 1-50 MW, 65-95%** thermischer Wirkungsgrad
- **Vorlauftemperatur: 80-140 ° C.**
- **Ressourcenbedarf: 270 kg / MWh Pellets oder 380 kg / MWh Hackschnitzel** bei einer DHS-Effizienz von 75%
- **Technische Voraussetzungen: Platz für ein Brennstofflager** (ungefähr doppelt so viel oder mehr als bei Kohle); **Umbau der Anlage** aus fossilem Brennstoffen zur Aufnahme von Biomasse
- **Heizwerks-Eignung:** am besten mit **modernem** (vorgefertigtem) oder **Niedertemperatur-Kessel**, nicht wirklich geeignet für Dampf- oder ältere Heißwasser-Kessel
- **Betrieb:** Ein Anteil von bis zu **100%** Biomasse beim Heizwerk kann sehr effektiv sein, funktioniert aber auch gut in **Kombination mit jeder anderen nachhaltigen Energiequelle**, in der Regel zur Versorgung der **Grundlast**



Finanzdaten:

- **Vorabkosten: 0.3-0.7 M€/MWh**
- **Betriebs- und Wartungskosten: 1.8-3%** der Investition
- **Amortisationszeit: 3-13 Jahre**
- **Arbeitsplätze: 0.78-2.84/MWh**



Einbezug von Interessensgruppen:

Abgesehen von den am Ende dieses Dokuments erwähnten allgemeinen Interessensgruppen und ihren Rollen sowie den Anbietern der benötigten Technologien erfordert die Biomasse eine besondere Beteiligung:

- **Lokale / regionale / nationale Behörden** - sollten sicherstellen, dass ein geeignetes Infrastrukturnetz (z.B. Forststraßen) vorhanden ist, die Nachhaltigkeit der forstwirtschaftlichen / landwirtschaftlichen Praktiken überwachen und die Einhaltung der Luftemissionsnormen und Verschmutzungsgrenzwerte sicherstellen
- **Pellet / Hackschnitzel-Lieferanten** - Schlüsselpartner zur Gewährleistung der Brennstoffversorgung und -qualität
- **Forst- / Landwirtschaftsexperten** - nützlich für das Verständnis der Brennstoffverfügbarkeit und Nachhaltigkeit



Treibhausgasemissionen: 0 kg/MWh

Selbst wenn auch der Transport von Biomasse einbezogen wird, obwohl dieser in der Regel als Transport und nicht als Energieerzeugung zählt, werden im gesamten Biomasse-Kreislauf nur 30 kg / MWh freigesetzt.

Solarthermie

Solarthermische Fernwärme basiert auf reiner Sonneneinstrahlung und bleibt daher eine der wünschenswertesten Optionen für grüne thermische Energie, da es sich um eine **überall ausreichend verfügbare Ressource** handelt, basierend auf der Sonneneinstrahlung an einem bestimmten Standort. Solarthermische Systeme setzen normalerweise ein Feld von Kollektoren ein, aber auch dezentral (d.h. auf den Dächern / Wänden von Gebäuden) sind sie effektiv. Ihre **Modularität** ermöglicht die Erweiterung oder Reduzierung der Kapazitäten nach Bedarf und ohne große Ausfallzeiten. Dadurch wird Solarthermie zu einer äußerst **flexiblen** Option, um Ihre Anforderungen langfristig zu erfüllen.

Ideal kombiniert mit **thermischer Energiespeicherung** (einschließlich saisonaler Speicherung) für maximale Effizienz, kann es auch **andere nachhaltige** Wärmeerzeugungskapazitäten gut **ergänzen**. In beiden Fällen kann die Solarthermie definitiv dazu beitragen, dass Ihr gesamter Wärmebedarf gedeckt wird, auch wenn in Zeiten mit



geringerem Sonnenschein ein hohes Potenzial besteht.

Obwohl die Vorabkosten möglicherweise zu hoch erscheinen, insbesondere wenn Sie in Wärmespeicher investieren, bleiben die laufenden Kosten sehr niedrig. Sie erhalten ein robustes System mit sehr hohem Wirkungsgrad, insbesondere wenn Sie ein Niedertemperatur Wärmenetz ($\leq 100\text{ °C}$) haben. Da Solarthermie keinen Brennstoff benötigt und daher überhaupt ein Prozess ohne Treibhausgasemissionen ist, ist **Solarthermie eine hervorragende Investition**.



Foto: Wikimedia / Chixoy



Technische Merkmale:

- **Anlagenkapazität:** **modular** auf Ihre **Bedürfnisse zugeschnitten** - 110 MW sind die bislang größten, aber die einzigen wirklichen Grenzen sind Ihr Wärmebedarf und der verfügbare Platz
- **Vorlauftemperatur:** **40-180° C**.
- **Ressourcenbedarf:** **Sonnenkollektoren funktionieren auch bei normaler Sonneneinstrahlung** in den meisten Teilen Europas gut, je nach Art der Kollektoren. Da es sich bei Sonnenkollektoren um eine Plug-in-Technologie handelt, haben größere Felder geringere Wärmeverluste
- **Technische Voraussetzungen:** Große Synergien bei Installation **mit thermischer Speicherung**, um den solaren Anteil und den Wirkungsgrad zu erhöhen, kurzfristig oder saisonal, aber auch ohne Speicher wirksam
- **Eignung:** am besten mit **modernem (vorgefertigtem) oder Niedertemperatur-Kessel** oder nur in einigen älteren Warmwasser-DHS (z. B. Lieferung von Warmwasser in den Sommermonaten oder Raumheizung auf 90 ° C), jedoch nicht wirklich geeignet für Dampf-Kessel
- **Betrieb:** **20-50%** Solaranteil bei Heizwerken können sehr effektiv sein, funktionieren aber auch gut in Kombination mit jeder anderen nachhaltigen Energiequelle



Einbezug von Interessensgruppen:

Neben den am Ende dieser Broschüre genannten allgemeinen Interessensgruppen und ihren Rollen sowie den Anbietern der benötigten Technologien erfordert die Solarthermie eine besondere Beteiligung von:

- **Lokalen / regionalen Behörden** - notwendig, um öffentliche Grundstücke / Gebäude für die Installation von Solarkollektoren zur Verfügung zu stellen
- **Land- / Gebäudeeigentümern und Bauträgern** - Schlüssel zur Bereitstellung von (privaten) Grundstücken / Gebäuden für die Installation von Solarkollektoren
- **Solarenergie-Experten** - Gewährleistung idealer Solarressourcenbedingungen für die Nutzung durch geeignete Technologien



Finanzdaten

- **Vorabkosten:** **200-500 € / m²**, wobei Bodeninstallationen kostengünstiger sind, sowie solche, die in moderne Heizwerke integriert sind
- **Betriebs- und Wartungskosten:** **1 - 3 € / MWh**
- **Amortisationszeit:** **6-15 Jahre**
- **Arbeitsplätze in der EU:** **0,81 / MW**



Treibhausgasemissionen: 0 kg/MWh

Die solarthermische Produktion hat keine eigenen Treibhausgase.

Geothermie

Geothermische Anlagen gewinnen Energie aus der **natürlichen Wärme direkt unter unseren Füßen**. Der Boden hat eine natürliche Tendenz, Wärme unabhängig von der oberirdischen Jahreszeit zu speichern, und wird aufgrund geophysikalischer Prozesse in der Tiefe sogar wärmer. Aus Sicht der Fernwärme ist nutzbare Wärme auch in geringen Tiefen unter der Erde für die Wärmeerzeugung ausreichend, während tiefere Anlagen ein noch größeres Nutzungspotenzial bieten können. In beiden Fällen können natürlich vorkommende Wasserspeicher und unterirdische Gesteinsporosität dazu beitragen, dass die Wärme effizient nach oben in Ihre Warmwasserbereitung fließt.

Abgesehen von der Tatsache, dass Geothermie überhaupt **keinen Brennstoff benötigt** und nur sehr **geringe Treibhausgasemissionen** (THG) aus bestimmten unterirdischen Prozessen verursacht, besteht ein entscheidender Vorteil dieser Quelle darin, dass sie, wie Solarthermie theoretisch



überall verfügbar ist. In ganz (Mittel- und Osteuropa) gibt es unter der Erdoberfläche ein nutzbares geothermisches Potenzial mit ausreichendem Potenzial für Warmwasseraufbereitung. Wenn Sie ein Gebiet mit noch stärkeren Temperaturgradienten sind, das sich besonders für die geothermische Nutzung eignet (einschließlich noch höherer Wirkungsgrade durch KWK-Anwendungen), haben Sie natürlich keine Entschuldigung dafür, diese bahnbrechende Ressource nicht zu nutzen.





Technische Merkmale:

- **Anlagenkapazität: 1-50 MW**
- **Vorlauftemperatur: ca. 80-100 ° C**
- **Ressourcenbedarf: > 50 ° C Enthalpie in 1-3 km Tiefe**, idealerweise > 90 mW / m² Wärmestromdichte
- **Technische Voraussetzungen:** Für Heizwerks-Zwecke sollten nur mäßige Bohrtiefen ausreichen
- **Eignung:** am besten mit **modernem** (vorgefertigtem) oder Niedertemperatur-Kessel, nicht so sehr für ältere Heißwasser-Kessel und nicht wirklich für Dampf-Kessel geeignet
- **Betrieb:** Funktioniert gut in **Kombination mit jeder anderen nachhaltigen Energiequelle** zur Versorgung der Grundlast



Einbezug von Interessensgruppen:

Neben den am Ende dieses Dokuments genannten allgemeinen Interessensgruppen und ihren Rollen sowie den Anbietern der erforderlichen Technologien erfordert die Geothermie eine besondere Beteiligung von:

- **Lokalen / regionalen / nationalen Behörden** - notwendig für die Erteilung von Bohrgenehmigungen und die Erleichterung von Landrechtsfragen
- **Landbesitzer / Entwickler** - Schlüssel zur Bereitstellung von (privatem) Land für die geothermische Nutzung
- **Geologie / Bohrfachleute** - zur Gewährleistung idealer geothermischer Bedingungen (z. B. Gesteinsarten, Sprungschichten, Wasserführung...)



Finanzdaten:

- **Vorabkosten: 0,7-1,9 Mio. € / MW**, die zumeist für Bohrkosten und die Fertigstellung von Brunnen bestimmt sind
- **Betriebs- und Wartungskosten: 2,5%** der Investition
- **Amortisationszeit: 5-10 Jahre**
- **Arbeitsplätze: 1,7 / MW**



Treibhausgasemissionen: 0-10 kg/MWh

Der obere Wert berücksichtigt den gesamten geothermischen Prozess, ansonsten wird Geothermie häufig nur als emissionsfrei angesehen.



Technische Merkmale:

- **Anlagenkapazität: 1-10 MW** (elektrisch); **2-15 MW** (Absorption); Der Bereich der $\sim 2-7$ COP *-Werte hängt vom Quellentyp und der Temperatur ab
- **Vorlauftemperatur: 70-100°C** (niedrigere Vorlauftemperaturen führen zu einem höheren COP)
- **Ressourcenbedarf: Restwärmequelle** aus der Umwelt oder Abwärme-Prozessen
- **Eignung:** am besten mit **Niedertemperatur-Kesseln** - möglich mit einigen modernen (vorgefertigten) Kesseln, aber nicht wirklich geeignet für Dampf- oder ältere Heißwasser-Kessel
- **Betrieb:** Funktioniert am besten, um die **Grundlast** in Kombination mit **jeder anderen nachhaltigen Energiequelle** für die Spitzen zu liefern



Finanzdaten:

- **Vorabkosten: 0,45–0,85 Mio. € / MW** (elektrisch), **0,35–0,5 Mio. € / MW** (Absorption)
- **Betriebs- und Wartungskosten: 2-3%** der Investition
- **Amortisationszeit: 8-9 Jahre** (Bodenquelle)



Einbezug von Interessensgruppen:

Neben den am Ende dieser Broschüre genannten allgemeinen Interessensgruppen und ihren Rollen sowie den Anbietern der erforderlichen Technologien erfordern Wärmepumpen eine besondere Beteiligung von:

- **Lokalen / regionalen Behörden** - notwendig für die Erteilung von Bohr- / Umweltgenehmigungen und die Erleichterung von Landrechtsfragen (hauptsächlich wichtig für Wärmepumpen mit Boden- oder Wasserversorgung)
- **Abwärme-Anbieter**- Schlüssel für die Versorgung einer Absorptionswärmepumpe mit Abwärme (z. B. industrielle / kommerzielle Prozesse, Abwasserbehandlung, Wärmespeicherung, Fernkühlung usw.)



Treibhausgasemissionen: 0 kg/MWh

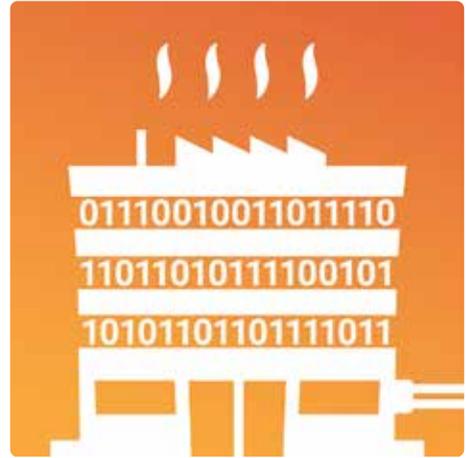
Absorptionswärmepumpen produzieren keine zusätzlichen Treibhausgase. Elektrische Wärmepumpen produzieren lokal keine, aber die Gesamtemissionsreduzierungen scheinen je nach Strommix zwischen 31-88% zu liegen.

* COP = Leistungskoeffizient

Abwärme

Abwärme (ExH) kann eine hervorragende Ressource zur Gewinnung von Fernwärme (DH) sein, indem einfach **überschüssige Wärme aus bestehenden industriellen und kommerziellen Prozessen** genutzt wird. Die Idee besteht, ganz einfach ausgedrückt, darin, zu versuchen, **verschwendete Energie** aus anderen Prozessen, deren Hauptzweck nicht darin besteht, Wärmeenergie zu **recyclen und zurückzugewinnen**, zu erzeugen. Bis zu einem gewissen Grad können KWK-Anlagen oder sogar Müllverbrennungsanlagen als Abwärme-Quellen betrachtet werden. Für unsere Zwecke konzentrieren wir uns jedoch lieber auf die Erschließung nichtenergetischer Aktivitäten für Abwärme.

Einer der großen Vorteile der Integration von Abwärme in Heizwerken ist die Vielfalt unzähliger lebensfähiger Abwärme-Quellen, vor allem in städtischen Gebieten, in denen Fernwärme ohnehin am sinnvollsten ist, wie z.B. bei verschiedenen Industrieanlagen (z. B. Fabriken oder Papierfabriken) oder für kommerzielle Aktivitäten (z. B. Abwasserbehandlung, U-Bahnen oder Rechenzentren).



Das Schöne an der Gewinnung von Abwärme ist, dass diese Prozesse ohnehin stattfinden und jede Wärmerückgewinnung eine Möglichkeit ist, die **systemweite Effizienz und Wirtschaftlichkeit zu steigern**. Tatsächlich könnten selbst die Abwärme-Anbieter dies als vorteilhaft für sich selbst ansehen, entweder als neue Einnahmequelle oder als Vermeidung der Kühlinfrastruktur und der damit verbundenen Umweltauswirkungen. Da die durch ihre Herstellung, ihren Transport usw. erzeugten Treibhausgase (THGs) bereits für diese Aktivitäten angerechnet werden, gilt Fernwärme auf der Basis von überschüssiger Wärme als **emissionsfrei**.



Foto: Pxhere / CC



Technische Merkmale:

- **Vorlauftemperatur:** höhere Abwärmetemperatur macht Fernwärme (kosten-)effizienter
- **Technische Voraussetzungen:** über **Wärmetauscher** (normalerweise in den Anlagen des ExH-Anbieters installiert) oder **Wärmepumpen**
- **Eignung:** am besten mit **moderner (vorgefertigter) oder Niedertemperatur-Kessel** oder KWK-Überschuss für ältere Warmwasser-DH, aber nicht wirklich für Dampfkessel geeignet
- **Betrieb:** funktioniert gut in **Kombination mit jeder anderen nachhaltigen Energiequelle**



Finanzdaten:

- **Vorabkosten:** recht niedrig (z. B. **0,45 bis 0,85 Mio. € / MW** für industrielle Abwärme), wobei die Kosten möglicherweise vom Heizwerksbetreiber und / oder den Abwärme-Anbietern geteilt werden
- **Betriebs- und Wartungskosten:** **4%** der Investition
- **Amortisationszeit:** variiert (z.B. **7 Jahre** für eine österreichische Papierfabrik)



Einbezug von Interessensgruppen:

Abgesehen von den am Ende dieses Dokuments genannten allgemeinen Interessensgruppen und ihren Rollen sowie den Anbietern der benötigten Technologien erfordert überschüssige Wärme eine besondere Beteiligung von:

- **Abwärme-Anbieter** - Abwärme als Nebenprodukt aus ihren industriellen / kommerziellen Prozessen und möglicherweise auch Kostenbeteiligung (z. B. Infrastruktur innerhalb ihrer Anlagen)
- **Lokale / regionale / nationale Behörden** – recht vorteilhaft als Verbindungsglied zwischen Fernwärme-Unternehmen und Abwärme-Anbietern, während bestimmte Abwärme-Anbieter (z. B. die Schwerindustrie) möglicherweise einer besonderen Aufsicht durch die nationalen Behörden unterliegen



Treibhausgasemissionen: 0 kg/MWh

Die Nutzung von Abwärme für Ihr Heizwerk erzeugt keine zusätzlichen Treibhausgase über die Emissionen hinaus, die bereits aus den Prozessen stammen, die dem Heizwerk zugeordnet werden können.

Welche nachhaltige Energie ist für Ihr Fernwärmesystem optimal?

Nachdem Sie die vielfältigen Möglichkeiten jeder einzelnen nachhaltigen Energie als Quelle für Ihre Fernwärme (DH) verstanden haben, sollten Sie jetzt in der Lage sein, die eindeutigen Vorteile zu erkennen, die alle diese Energien gegenüber herkömmlichen fossilen Brennstoffen für Ihre zukünftigen Fernwärmesysteme haben. Da jede dieser umweltfreundlicheren Energien in den meisten Fällen wirklich eine großartige Alternative bieten kann, stellt sich nun die Frage, **die für Sie passende auszuwählen**. Sie sollten über die aktuellen und zukünftigen Anforderungen Ihres Fernwärme-Unternehmens nachdenken, um festzustellen, welche dieser Optionen für erneuerbare Energien (RE) und überschüssige Wärme (ExH) über die technische Kapazität und die Verfügbarkeit von Ressourcen verfügen, um Ihren Wärmebedarf langfristig zu decken.

Im Allgemeinen sind die meisten von ihnen technologisch besser geeignet und / oder kostengünstiger, wenn sie in ein modernes (vorgefertigtes) oder Niedertemperatur-DH-System (DHS) integriert werden. Leider können viele ältere Dampf- oder Heißwasser-Systeme diese ohne erhebliche Nachrüstungen ihrer Infrastruktur nicht in vollem Umfang nutzen. Wenn Ihr DHS eines dieser älteren Netzwerke ist, sollten Sie wahrscheinlich zuerst die Modernisierung Ihrer Warmwasserkessel, die Isolierung Ihrer Rohre, die Reduzierung von Verlusten usw. in den Vordergrund stellen, um Ihr System so effizient und kohlenstoffarm wie möglich zu machen. Dennoch ist die Nachrüstung Ihres Heizwerks der ideale Zeitpunkt, um gleichzeitig (im Voraus) Maßnahmen zu ergreifen, die **sicherstellen, dass Ihr Heizwerk vollständig** auf die Integration nachhaltiger Energien **vorbereitet ist**.



Einige Heizwerke bevorzugen möglicherweise eine schrittweise Umstellung auf Erneuerbare- und / oder Abwärme-Quellen, durch eine schrittweise Erhöhung des Anteils an nachhaltigen Quellen, behalten aber (vorerst) die traditionelle Wärmeerzeugung aus fossilen Brennstoffen bei. Dies kann in bestimmten Fällen in Ordnung sein, verpasst aber die Gelegenheit, noch früher alle **operativen, finanziellen, ökologischen, sozioökonomischen oder politischen Gewinne einer nachhaltigen Warmwasserbereitung** noch früher zu erzielen, indem jetzt auf Erneuerbare- und Abwärme-Quellen umgestellt wird.

Selbst wenn Sie sich für diesen langsameren Weg entscheiden, sollten Sie immer das übergeordnete Ziel im Auge behalten, unsere **Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen so schnell wie möglich zu minimieren**. Das bedeutet auch, einen unnötigen Wechsel von einem fossilen Brennstoff zu einem anderen zu vermeiden, wie beispielsweise die Behauptung, dass Erdgas trotz der zuvor erwähnten offensichtlichen Nachteile als sogenannte „Brückentechnologie“ für Heizwerke in Anspruch genommen wird.

Wenn Sie jedoch schon bereit sind, Ihr Heizwerk aufzurüsten, können Sie **unnötige Schritte überspringen** und von **Anfang an direkt in langfristige Lösungen wie Erneuerbare- und Abwärme-Technologien investieren**. Es macht einfach mehr (wirtschaftlichen) Sinn, früher auf umweltfreundliche Technologien umzusteigen.

Sie können diesen nachhaltigen Wechsel beschleunigen, indem Sie genau wissen, **welche Arten von nachhaltigen Ressourcen Ihnen zur Verfügung stehen**. Dies bedeutet, dass Sie deren **lokale bis regionale Verfügbarkeit eingehend** untersuchen müssen, sei es die Versorgung mit Biomassebrennstoffen, die Sonneneinstrahlung, geothermische Temperaturgradienten, Wärmepumpenquellen oder nahe gelegene industrielle/kommerzielle Abwärme-Anlagen. Darüber hinaus sollten Sie sich darüber im Klaren sein, dass Sie **sich nicht nur auf eine einzige Energiequelle verlassen müssen** - die meisten dieser alternativen Energien **lassen sich hervorragend kombinieren**. Sobald Sie die in Ihrer Region verfügbaren Möglichkeiten aufgezeigt haben, werden Sie sicher viele nachhaltige Energieoptionen als optimale Lösungen finden, die die regionale Versorgung an Ihre Heizwerks-Bedürfnisse anpassen.



Foto: Alamy Stock / Matthias Naumann

Wie können Kooperationsbemühungen die Modernisierung der Fernwärme nachhaltiger gestalten?

Obwohl Fernwärmeunternehmen eindeutig auf dem Fahrersitz sitzen, wenn es darum geht, ihre DH-Systeme (DHS) auf einen nachhaltigeren Weg zu verlagern, müssen sie dies nicht alleine tun. Auf den vorherigen Seiten wurden bereits für jede erneuerbare Energiequelle und jede überschüssige Wärmequelle spezielle Arten der Einbindung von Interessensgruppen skizziert. Trotzdem bleiben für lokale und nationale Akteure viele allgemeine Rollen bei der Unterstützung der Umstellung auf grüne Energiequellen, unabhängig von der Art der spezifischen nachhaltigen Energie, die genutzt wird.



Foto: Thermos

ÖFFENTLICHER SEKTOR

- **Lokale Behörden**, auch wenn dies nicht (Mit-)Eigentümer des Heizwerks sind, sollten Beschaffungs- und Genehmigungsverfahren (auch in Fällen von Umwelt-/Kulturschutz) straffen. Nachhaltigen Heizwerken sollte innerhalb des gesetzlichen Rahmens und aller Planungsprozesse (z. B. SECAPs*, Smart-City-Strategien, Kreislaufwirtschaftspläne, neue Zoneneinteilung, Geschäftsentwicklung usw.), auch mit speziellen Haushaltslinien, der Vorrang eingeräumt werden.
- **Regionale Gebietskörperschaften** könnten je nach Mandat innerhalb des Landes eine ähnliche Rolle spielen wie die lokalen Behörden, können jedoch jetzt schon grüne Strategien zur intelligenten Spezialisierung (dh über das Konzept der Wärmesynergie-region) integrieren und Struktur-fonds und/oder gerechte Übergangsfonds strategisch nutzen, um eine nachhaltige Heizung zur finanzieren, die für alle erschwinglich ist.
- **Nationale Behörde** sollte sicherstellen, dass sowohl Erneuerbare / Abwärme-Systeme- als auch Heizwerks-Nachrüstungen in allen relevanten nationalen Plänen (d.h. NECPs **, Kreislaufwirtschaftsstrategien usw.) und im nationalen Rechtsrahmen angemessen priorisiert werden, und mit speziellen Fonds / Zuschüssen bedacht werden, um ökologische Heizwerke zur Erreichung der nationalen Klimaziele zu unterstützen.

* SECAP = Aktionsplan für nachhaltige Energie und Klima

** NECP = Nationaler Energie- und Klimaplan

PRIVATER SEKTOR

- **Banken, Finanzinstitute und andere Investoren** sollten spezielle Finanzierungsmechanismen / -instrumente und Vorzugsbedingungen (z.B. niedrige Zinssätze) und umweltfreundliche Voraussetzungen für die Kreditgenehmigung schaffen, um die Nachhaltigkeitsbestrebungen von Fernwärme-Unternehmen zu fördern, sowie Zuschüsse für technische Hilfe, um bankfähige Heizwerksprojekte in Gang zu bringen und ihren Übergang zu nachhaltigeren Praktiken zu beschleunigen.
- **Unternehmen**, die Erneuerbare Technologien/Brennstoffe oder Abwärme-Quellen liefern sollten proaktiv die Synergiemöglichkeiten und (gegenseitigen) Vorteile fördern, die sie als beste Lösungen für Fernwärme-Unternehmen bieten können. Gleichzeitig sollten sie die Fähigkeiten von Heizwerks-Mitarbeitern, Behörden, Investoren und anderen Akteuren ausbauen werden, um den Wert der Integration ihrer nachhaltigen Lösungen zu verstehen.
- **Immobilien Eigentümer/Entwickler und Bauunternehmen** sollten unabhängig davon, ob an einzelnen Gebäuden oder ganzen Stadtteilen arbeiten, sicher sein, dass sie bereits Technologien und Infrastrukturen integrieren, die für Erneuerbare/ Abwärme-Systeme vorbereitet sind, um Heizwerks-Anschlüsse und – Erweiterungen von Anfang an zu unterstützen.

Foto: ICLEI / Stephan Köhler



SONSTIGE EXPERTEN

- **Energieagenturen** sind häufig wichtige Berater und Meinungsbildner, nicht nur für Heizwerks-Unternehmen, sondern auch für öffentliche Behörden (z. B. Unterstützung der SECAP-Entwicklung), und sollten daher als allgemeine Expertenberater für Heizwerksumstellungen sowie als Verbindungsstelle zwischen Heizwerks-Unternehmen und öffentlichen/privaten Akteuren fungieren.
- **Forscher, Universitäten, Think-Tanks und (private) Beratungsunternehmen** können einige der gleichen Aufgaben wie Energieagenturen übernehmen, eignen sich aber besonders gut, um eingehende Studien mit umfassenden Daten/Analysen (d.h. zur Verfügbarkeit lokaler/regionaler Ressourcen oder zum Kosten-Nutzen-Verhältnis) zu erstellen, um Heizwerksbetreiber bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Was sind die nächsten Schritte, um nachhaltig voranzukommen?

Jetzt sollte klar sein, warum wir alle den **erneuerbaren Energien** (RE) und/oder die **Überschusswärme** (ExH) in der **Fernwärme** (DH) stark priorisieren sollten und wie Sie Ihren eigenen nachhaltigen Weg für die Umstellung wählen können, einschließlich der Rollen verschiedener Interessensgruppen in diesem Prozess. Eine einfache Frage bleibt: **Was nun?** Grundsätzlich ist die Antwort auf diese Frage ebenso einfach: **Beginnen Sie jetzt!**

1. Rüsten Sie Ihr Fernwärme-System bei Bedarf effizient nach, um es für erneuerbare Energien fit zu machen.
2. Bestimmen Sie, welche Optionen Ihren Anforderungen/Ihrem Kontext entsprechen.
3. Identifizieren Sie verfügbare Finanzierungsmöglichkeiten für Ihren Wechsel und beantragen Sie diese;
4. Finden Sie wichtige Schlüsselakteure, um auf dieses gemeinsame Ziel hinzuarbeiten.
5. Nutzen Sie diese Bemühungen, um so schnell wie möglich von fossilen Brennstoffen wegzukommen und die vielfältigen Vorteile zu nutzen.

Um Ihnen auf Ihrem Weg zu helfen, empfehlen wir Ihnen, sich näher mit dem für diese Broschüre verantwortlichen KeepWarm-Projekt (keepwarmeurope.eu), einschließlich seines [Lernzentrums](#) auseinanderzusetzen. Dort finden Sie Materialien von KeepWarm und vielen anderen [ähnlichen Projekten](#) und europäische Initiativen* sowie zahlreiche Leitfäden, Tools und andere nützliche Materialien, die Sie auf Ihrem Wechsel zu einem nachhaltigen Heizwerk unterstützen, wie z.B.:

- Fallstudien zu Heizwerks-Nachrüstungen und Ökostrom-Upgrades
- räumliche Kartierung von Angebot und Nachfrage
- Wärmeplanungssoftware
- Politische Empfehlungen
- Einblicke in Finanzen und technische Hilfe...



* Besonders interessant für Überlegungen, unter anderem: die [EIB](#), CEBS [Green Social Investment Fund](#), EU [Nur Übergangsmechanismus](#) and [Europäische Stadteinrichtung](#).

KeepWarm ist auch stolz darauf, die inspirierende Arbeit von führenden Fernwärme-Unternehmen in Mittel- und Osteuropa zu fördern, die sich aktiv an unserem Projekt beteiligen. Sie demonstrieren ihren Kollegen, wie effektive Heizwerks-Nachrüstungen und Umstellungen auf und unter der Erde erreicht werden können.

Abschließend ist hervorzuheben, dass das [KeepWarm Projekt](#) besonders gut geeignet ist, **Ihnen bei Ihrem eigenen Energiewandel zu helfen!** Unsere Projektpartner - bestehend aus Entwicklungs- / Energieagenturen, Stadtnetzwerken, Forschern und anderen Schlüsselexperten - befinden sich alle in Mittel- und Osteuropa und eignen sich daher besonders gut zur Unterstützung der Arbeit in dieser Region, verfü-

gen aber auch über große **Erfahrungen in ganz Europa**. Setzen Sie sich mit uns in Verbindung, damit wir wissen, wie unser Fachwissen Ihrer Arbeit in **Bezug auf Energieumstellung** und **Nachrüstungen zugutekommen** kann:

- Technische Beratung
- Machbarkeitsstudien
- Finanzielle Anleitung
- Strategische Aktionsplanung
- Politik / Marktintegration
- Schulungen für Mitarbeiter / Stakeholder
- Allgemeine Hinweise



Foto: Wikimedia / CC

Impressum

Autoren des Europäischen Sekretariats von ICLEI:

George Stiff, Anja Härtwig, Julen Imana Sobrino und Carsten Rothballer

Mitwirkende:

Tihomir Capan (Universität Zagreb FSB), Milica Mladenović (Vinča-Institut), Mykola Shlapak (KT-Energy), Klaus Engelmann (LWK Steiermark) und Marko Čavar (REGEA)

Übersetzung:

Tanja Solar und Klaus Engelmann (LWK Steiermark)

Design und Layout:

Stephan Köhler (ICLEI Europe)

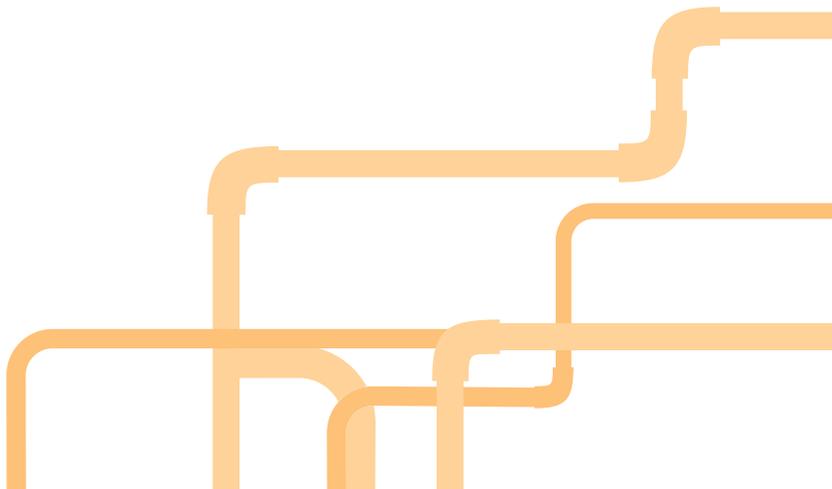
Oktober 2020

Die in diesem Dokument enthaltenen Daten stellen die besten Informationen dar, die den Autoren zur Verfügung stehen, sind jedoch nicht unbedingt für jeden Fall präzise. Daher sollte diese Broschüre nur zu allgemeinen Anleitungen verwendet werden, und Sie sollten sie als Inspiration nehmen, um selbst eingehendere Studien durchzuführen, um echte Entscheidungen zu treffen, insbesondere unter Berücksichtigung spezifischer Faktoren, die für Ihren eigenen Kontext relevant sind, die von Fall zu Fall immer unterschiedlich sind.

Abkürzungsverzeichnis:

KWK	Kraftwärmekoppelung
COP	Leistungskoeffizient
DH (S)	Kreis Heizungssystem
DHS	Fernwärme
EE	Energieeffizienz
EU	Europäische Union
ExH	Abwärme
THG	Treibhausgase
O & M.	Betrieb und Wartung
RE	Erneuerbare Energie

Notizen:





www.KeepWarmEurope.eu
@KeepWarm_Project



Projektpartner



Mit Unterstützung von



Covenant of Mayors
for Climate & Energy
www.eumayors.eu



Supported by



Dieses Projekt wurde im Rahmen der Finanzhilfvereinbarung Nr. 784966 aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm der Europäischen Union Horizon 2020 finanziert. Die geäußerten Ansichten sind die des Projekts.



Dieses Projekt wurde vom deutschen Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung kofinanziert.