

Warum überschüssige Wärme?

Das Fehlen nachfrageseitiger Maßnahmen in der globalen Energiekrise

Unter Experten herrscht zunehmend Einigkeit darüber, dass die steigenden Energiepreise zumindest in den nächsten Jahren anhalten dürften. Während die Energiekrise wegen des verheerenden Krieges auf europäischem Boden eskalierte, sind die Folgen weltweit zu spüren. Überall auf der Welt hat die hohe Inflation Familien leider in wirtschaftliche Schwierigkeiten gebracht, Fabriken gezwungen, die Produktion zu drosseln, und das Wirtschaftswachstum so verlangsamt, dass mehrere Länder jetzt mit einer Rezession konfrontiert sind. In Europa, wo die Gasversorgung aufgrund der Abhängigkeit von Russland anfällig ist, könnten Gasrationierung und ein erhebliches Risiko von Stromausfällen das Ergebnis von Stromengpässen und Netzinstabilität sein.

Was waren die politischen Reaktionen auf die Energiekrise? Insgesamt wurde den Maßnahmen auf der Angebotsseite politisch die meiste Aufmerksamkeit gewidmet. In einer unerwartet positiven Entwicklung hat die globale Energiekrise eine beispiellose Dynamik für den Ausbau der erneuerbaren Energien ausgelöst. Die Welt wird in den nächsten 5 Jahren so viel erneuerbare Energie hinzufügen wie in den letzten 20 Jahren.⁷ Das ist in der Tat ermutigend und notwendig.

Da der Ausbau erneuerbarer Energien jedoch keine kurzfristige Lösung ist, bestand eine der Hauptkomponenten der politischen Reaktion auf die Krise darin, dass die Regierungen die LNG-Importe erhöhen.

Dies ist keine langfristige Lösung, da der Wettbewerb um LNG stärker sein wird, da die chinesische Wirtschaftstätigkeit wahrscheinlich wieder anziehen wird.⁸ Darüber hinaus konzentrierten sich die meisten fiskalischen Notfallmaßnahmen auf Subventionen wie Einkommensbeihilfen für private Haushalte. Maßnahmen zur strukturellen Reduzierung des Energiebedarfs, wie Investitionsanreize oder Regulierungen zur Effizienzsteigerung, fehlen dagegen in der aktuellen Krisenpolitik so gut wie nicht (Deutschland ist eine der wenigen erhebenden Ausnahmen).⁹

Trotz explodierender Energiepreise und beispielloser Unsicherheit in Bezug auf die Energieversorgung sind wir weit von der durchschnittlichen Effizienzsteigerung von 4 % pro Jahr entfernt, die erforderlich ist, wenn wir Netto-Null-Emissionen erreichen wollen¹⁰. Struktureffiziente Maßnahmen, einschließlich der Regulierung der Wiederverwendung überschüssiger Wärme, sind in den politischen Reaktionen auf die Krise fast nicht vorhanden. Dies gilt trotz der Tatsache, dass Effizienzmaßnahmen das schnellste und kostengünstigste Instrument zur Eindämmung der Energiekrise darstellen.

Am bemerkenswertesten ist, dass nur sehr wenige Initiativen auf eine effizientere Nutzung der riesigen Mengen verschwendeter Energie in Form von überschüssiger Wärme gedrängt haben.

„ Die Verwendung von Gas oder Strom zum Heizen ist wie die Verwendung einer Kettensäge zum Schneiden von Butter, da die Heizung leicht durch geringwertige Heizquellen wie überschüssige Wärme abgedeckt werden kann. „

Wie wir in den nächsten Kapiteln sehen werden, erzeugt ein Motor jedes Mal, wenn er läuft, Wärme. Industrien, Abwasseranlagen, Rechenzentren, Supermärkte, U-Bahn-Stationen und Geschäftsgebäude erzeugen große Mengen an Wärme, die derzeit in die Luft abgegeben wird, ohne dass Anstrengungen unternommen werden, sie wiederzuverwenden.

Überschüssige Wärme, auch Abwärme genannt, kann durch bestehende und bewährte Technologien, insbesondere Wärmepumpen, wiederverwendet werden. Wärmepumpen sind elektrisch betriebene Geräte, die Wärme von einem Ort zum anderen transportieren können. Sie können beispielsweise Wärme aus den Abgasen einer Fabrik oder das erwärmte Wasser aus den Kühlsystemen in Rechenzentren nutzen und im Heizsystem nahegelegener Häuser zirkulieren.

Die Wiederverwendung überschüssiger Wärme senkt die Kosten für die Verbraucher. Es ist viel billiger, Energie wiederzuverwenden, als sie zu kaufen oder zu produzieren. Auf gesellschaftlicher Ebene kann überschüssige Wärme erhebliche Mengen an Strom oder Gas ersetzen, die sonst zur Wärmeerzeugung benötigt werden. Auf diese Weise kann überschüssige Wärme dazu beitragen, das zukünftige Stromnetz zu stabilisieren. Um Amory Lovins zu paraphrasieren, ist die Verwendung hochwertiger Energieträger wie Gas oder

Strom zum Heizen wie "mit einer Kettensäge Butter schneiden", da die Heizung leicht durch geringwertige Heizquellen wie überschüssige Wärme abgedeckt werden kann. Hinzu kommt, dass im zukünftigen Energiesystem neue überschüssige Wärmequellen wie Power-to-X-Anlagen entstehen und an Zahl zunehmen werden – und große Mengen an überschüssiger Wärme erzeugen, die in großem Maßstab genutzt werden können.

Im Vergleich zu einem konventionell dekarbonisierten Szenario hat eine vollständige Implementierung von Technologien, die Synergien zwischen verschiedenen Sektoren nutzen und eine Nutzung überschüssiger Wärme ermöglichen, das Potenzial, 67,4 Mrd. EUR pro Jahr einzusparen, sobald sie vollständig umgesetzt ist (im Jahr 2050)¹¹. Diese Einsparungen resultieren aus großen Brennstoffeinsparungen, die durch die Verbindung des Wärme- und Kältesektors mit anderen Teilen des Energiesystems und mehr Flexibilität genutzt werden, was zu einer besseren Integration erneuerbarer Stromquellen in das breitere System führt.¹²

Kurz gesagt, die Erhöhung der Nutzung überschüssiger Wärme wird den Gesamtenergiebedarf senken, der Wirtschaft einen Produktivitätsschub verleihen und den Übergang zu einem grünen Energiesystem erleichtern.

Diese verborgenen Ressourcen der Hinterhofenergie werden im nächsten Kapitel aufgedeckt.

Was ist überschüssige Wärme?

Stellen Sie sich vor, Sie sind durch ein Gebäude gegangen und der Boden ist voller Ein-Dollar-Noten. Würdest du weiterlaufen und deinem Tag nachgehen? Sicherlich würden die meisten Leute eine kleine Anstrengung unternehmen, um sich zu bücken und das Geld einzusammeln. Wenn es um überschüssige Wärme geht, geschieht dies nicht: Wir lassen das Geld metaphorisch fließen, da wir keine Anstrengungen unternehmen, überschüssige Wärme in unseren Gebäuden und Industrien wiederzuverwenden.

Jedes Mal, wenn ein Motor läuft, erzeugt er Wärme. Jeder, der die Wärme hinter seinem Kühlschrank gespürt hat, kann dies bestätigen. Gleiches gilt in größerem Maßstab für Supermärkte. Das Halten von Lebensmitteln in Kühl displays und Gefrierschränken erzeugt erhebliche Mengen an überschüssiger Wärme. Ein ähnlicher Prozess gilt für die Kühlung der Tausenden von Rechenzentren, die auf der ganzen Welt entstehen. Diese überschüssige Wärme wird derzeit ohne Aufwand zur Wiederverwendung an die Luft abgegeben. Werfen wir einen genaueren Blick auf diese verborgene Energiequelle.

Daten und Methodik

Generell fehlen Gesamtinformationen über das Überschusswärmepotenzial verschiedener Bereiche. Wir wissen jedoch, dass derzeit nur sehr wenig von der vorhandenen überschüssigen Wärme sowohl aus konventionellen als auch aus unkonventionellen Quellen zurückgewonnen und in Großanwendungen genutzt wird.¹³ Einige der besten Daten über den gesamten Wärmeüberschuss stammen von Experten der Universität Aalborg und der Universität Halmstad und decken überschüssige Wärme aus einer Reihe von Quellen in der EU ab. Im Folgenden verwenden wir Zahlen aus den Berichten "Zugängliche städtische Abwärme"¹⁴ und "Überschusswärmepotenziale von Industriestandorten in Europa"¹⁵.

Die vorgelegten Zahlen sollten als Schätzungen betrachtet werden. Wenn nichts anderes erwähnt wird, handelt es sich bei den Schätzungen um sogenannte "zugängliche Überschusswärme", was bedeutet, dass die Zahlen die praktischen Nutzungspotenziale der verfügbaren Überschusswärme berücksichtigen.¹⁶ In diesem Sinne sind die Zahlen konservativ, da sie nur Quellen berücksichtigen, die sich innerhalb weniger Kilometer von städtischen Fernwärmegebieten befinden. Wie wir sehen werden, gibt es Möglichkeiten, überschüssige Wärme zu nutzen, die nicht auf solche Netzwerke angewiesen sind, zum Beispiel Wärmerückgewinnung vor Ort¹⁷. Darüber hinaus ist zu beachten, dass überschüssige Wärme bei unterschiedlichen Temperaturen auftritt. Bei höheren Temperaturen – typischerweise über 80 Grad – kann es oft direkt genutzt werden, während es bei niedrigeren Temperaturen durch eine Wärmepumpe verstärkt werden kann¹⁸. Daher hängt die tatsächliche Nutzung überschüssiger Wärmepotenziale auch zu einem gewissen Grad vom Stromverbrauch von Technologien wie Wärmepumpen ab.

Bei der Betrachtung bestimmter Städte und regionaler Gebiete werden die Zahlen mit dem Planungstool "The European Waste Heat Map" ermittelt¹⁹. Dieses Tool zeigt überschüssige Wärme in der EU27 + UK sowohl aus konventionellen industriellen Quellen als auch aus unkonventionellen Quellen wie U-Bahn-Stationen, Lebensmittelproduktionsanlagen, Lebensmittel-einzelhandelsgeschäften und Kläranlagen an. Die Zahlen können als konservativ angesehen werden, da das Tool weder Wohn- und Dienstleistungsgebäude noch Rechenzentren anzeigt. Darüber hinaus konzentriert sich dieses Tool auch auf Quellen innerhalb weniger Kilometer von städtischen Gebieten, wodurch entfernte Standorte verworfen werden.

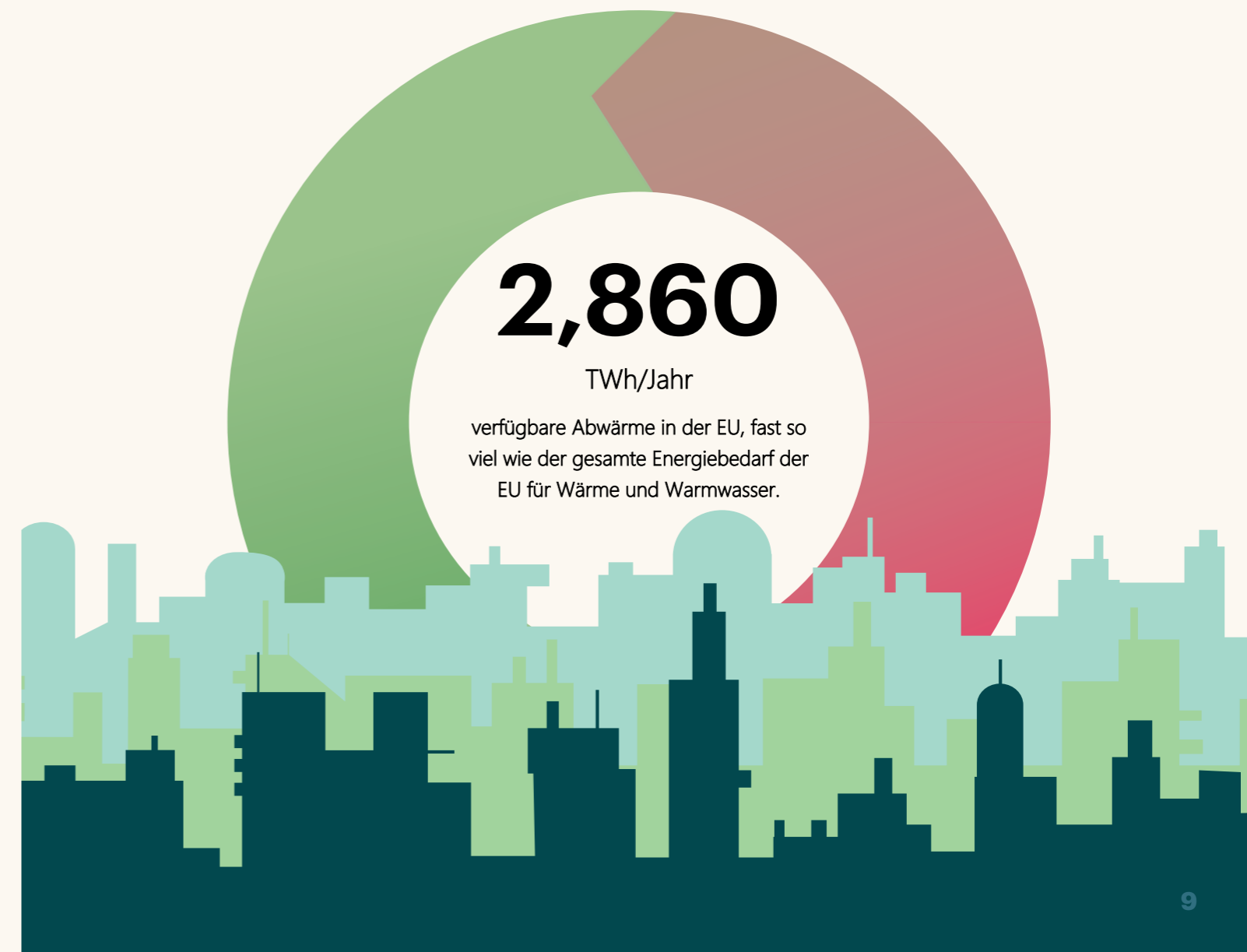
Zugängliche überschüssige Wärme in Europa

Heizung ist einer der größten Energieverbraucher. In Europa macht die Wärmeerzeugung über 50 % des jährlichen Endenergieverbrauchs aus, und der größte Teil der europäischen Wärme wird immer noch aus fossilen Brennstoffen erzeugt, von denen fast die Hälfte Erdgas ist²⁰. Gleichzeitig haben alle städtischen Gebiete in Europa Zugang zu zahlreichen überschüssigen Wärmeressourcen. In der EU stehen etwa 2.860 TWh/Jahr Abwärme zur Verfügung, von denen ein Großteil wiederverwendet werden könnte²¹. Um diese Zahl zu relativieren, entspricht sie fast dem gesamten Energiebedarf der EU für Wärme und Warmwasser in Wohn- und Dienstleistungsgebäuden, der in der EU27+UK22 etwa 3.180 TWh pro Jahr beträgt²².

In einigen Ländern entspricht das überschüssige Wärmepotenzial dem Wärmebedarf²³. In den Niederlanden beispielsweise beträgt der Wärmeüberschuss 156 TWh/Jahr²⁴, während der Wasser- und Raumwärmebedarf nur 152 TWh/Jahr beträgt²⁵.

Das Bild ist im Rest der Welt ähnlich. Betrachtet man zum Beispiel den Industriesektor in Nordchina, gibt es allein während der Heizperiode rund 813 TWh²⁶ – stellen Sie sich vor, wie die Gesamtmenge an überschüssiger Wärme in allen Sektoren in ganz China dann aussieht!

Werfen wir einen genaueren Blick auf das Potenzial von überschüssiger Wärme.



Überschüssige Wärme kann die Dekarbonisierung des Industriesektors beschleunigen

Der Industriesektor ist für 39% aller globalen energiebedingten Kohlenstoffemissionen verantwortlich²⁷ und ist – mit seiner derzeitigen Rate an Energieeffizienzverbesserungen von 1 Prozent pro Jahr – nicht auf dem richtigen Weg, um die Meilensteine des Netto-Null-Szenarios zu erreichen, das Verbesserungen von 3 Prozent erfordert würde²⁸. Die strukturelle Herausforderung für Fabriken auf der ganzen Welt besteht darin, den wachsenden Produktionsbedarf zu decken und gleichzeitig die Emissionen zu senken. Die aktuelle Energiekrise hat die Industrie stark unter Druck gesetzt, da der Anteil der Energiekosten für die Produktion deutlich gestiegen ist.

Paradoxiere Weise verlangsamt sich der Effizienzfortschritt in der Industrie. Von 2015 bis 2020 sank die Rate der Verbesserung der Energie, die benötigt wird, um einen US-Dollar industriellen Wert zu produzieren, von fast 2% pro Jahr, die in den Jahren 2010-15 erreicht wurden, auf knapp 1%.²⁹ Der Industriesektor muss seine Energieeffizienz jährlich um 3% verbessern, um Netto-Null zu erreichen.³⁰ Die allgemeinen Fortschritte bei der Energieeffizienz werden weiterhin behindert, wenn die starke industrielle Nachfrage nach Energie anhält, ohne dass die industrielle Energieeffizienz wesentlich verbessert wird.³¹

Die gute Nachricht ist, dass es ein riesiges, ungenutztes Potenzial für den Industriesektor gibt, nämlich die Nutzung seiner überschüssigen Wärme. Wenn wir uns die EU ansehen, stellen Industriestandorte die größte Quelle für überschüssige Wärme dar. Der Wärmeüberschuss von Schwerindustriestandorten in der EU beträgt über 267 TWh pro Jahr³². Zum Vergleich: Das ist mehr als die Kraft-Wärme-Kopplung von Deutschland, Polen und Schweden im Jahr 2021³³. Betrachtet man nur Abwärmequellen über 95°C und innerhalb von 10 km der bestehenden Fernwärmeinfrastruktur, ergibt sich bereits ein Potenzial von 64 TWh. Dies entspricht 12 % der jährlich an die Fernwärmeinfrastruktur der EU gelieferten Energie³⁴.

Auffällig ist das Potenzial auch bei der Betrachtung bestimmter städtischer Gebiete. Nehmen Sie Essen im Ruhrgebiet in Deutschland. Rund um Essen gibt es rund 50 Industriestandorte, die jährlich 11,98 TWh überschüssige Wärme produzieren. Dies entspricht in etwa der Wärmemenge, die benötigt wird, um 1.200.000 Haushalte zu heizen – oder fast die Hälfte der Haushalte in der Region.

Drei Industrien – Zement, Chemie und Stahl – machen fast 60% des industriellen Energiebedarfs weltweit aus, wobei Schwellen- und Entwicklungsländer, insbesondere China, für 70-90% der Produktion dieser Rohstoffe verantwortlich sind.³⁵ Diese Schwerindustrien bieten ein großes Potenzial in Bezug auf die Effizienz, da die überschüssige Wärme von ihnen bei so hohen Temperaturen liegt und daher leicht wiederverwendet werden kann.

Der Industriesektor, der derzeit nicht auf dem richtigen Weg ist, um die Meilensteine des Netto-Null-Emissions-Szenarios bis 2050 zu erreichen, hat die Fähigkeit, die globale Energieeffizienz durch die Wiederverwendung überschüssiger Wärme zu verändern. Wie wir im nächsten Kapitel sehen werden, gibt es mehrere Möglichkeiten für die Industrie, überschüssige Wärme wiederzuverwenden, zum Beispiel kann sie wiederverwendet werden, um eine Fabrik mit Wärme und warmem Wasser zu versorgen, oder sie kann über ein Fernwärmesystem in benachbarte Haushalte und Industrien exportiert werden.



Großartige Ergebnisse in China durch die Wiederverwendung überschüssiger Wärme

Benxi City China

Seit 2015 hat Benxi City die Abwärmeressourcen der Stahlindustrie schrittweise umfunktioniert. Durch die Sektorenintegration wird Abwärme aus Stahlproduktionsprozessen zur Beheizung der Stadt wiederverwendet. Diese Bemühungen haben zu einer erheblichen Reduzierung des gesamten jährlichen Kohleverbrauchs der Stadt, zu niedrigeren Energiekosten und zu einer erheblichen Verbesserung der Luftqualität geführt.

Danfoss Chinesische Fabriken

Seit 2018 arbeiten die Danfoss Haiyan & Wuqing-Werke daran, überschüssige Wärme aus Lüftungs- und Kühlprozessen zurückzugewinnen. Trotz eines Umsatzanstiegs von 22% ist der Heizenergieverbrauch in den Fabriken um 7% gesunken, was zu einer Verbesserung der Energieproduktivität um 24% in 3 Jahren geführt hat. Wärmerückgewinnungsprojekte haben etwa 15% zu diesen Ergebnissen beigetragen. Durch die zurückgewonnene Wärme wurden allein im Jahr 2021 über EUR 300'000 an Energiekosten eingespart.

Mehrere überschüssige Wärmequellen in städtischen Gebieten

In der Vergangenheit wurde überschüssige Wärme von Stahl- und Kraftwerken aufgrund der sehr hohen Temperaturen wiederverwendet. Aber mit der Weiterentwicklung der Technologie sind viel mehr Quellen, die bei niedrigeren Temperaturen überschüssige Wärme erzeugen, wiederverwendbar geworden, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden. Während Industriestandorte die größte Quelle für überschüssige Wärme sind, verfügen Großstädte ohne Industrie auch über zahlreiche überschüssige Wärmequellen, die sich zu einer beträchtlichen Energiemenge summieren.

Nehmen Sie Rechenzentren. Daten sind zum Lebenselixier der heutigen globalen digitalen Wirtschaft geworden, bilden das Rückgrat des Informationsflusses in Städten und treiben eine Reihe von Aktivitäten von Infrastruktur und Transport bis hin zu Einzelhandel und Fertigung voran. Rechenzentren sind auch starke Stromverbraucher. Im Jahr 2020 verbrauchten Rechenzentren in EU27 + UK 100 TWh Strom oder rund 3,5% des Endstrombedarfs der Region³⁶. Laut IEA machen Rechenzentren und Datenübertragungsnetze fast 1% aller energiebedingten Treibhausgasemissionen weltweit aus³⁷. Konservative Schätzungen aus dem Jahr 2020 zählten 1269 Rechenzentren in der EU27 + Großbritannien für insgesamt 95 TWh zugängliche überschüssige Wärme pro Jahr³⁸.

Das Gleiche gilt für Supermärkte. Supermärkte sind ein integraler Bestandteil von Gemeinschaften auf der ganzen Welt. Sie sind auch große Energieverbraucher. Im Durchschnitt verbrauchen Supermärkte etwa 3-4% der jährlichen Stromproduktion in Industrieländern³⁹.

In der EU besteht ein Überschusswärmepotenzial aus dem Lebensmitteleinzelhandel von insgesamt 44 TWh pro Jahr⁴⁰. Dies ist zwar deutlich geringer als die überschüssige Wärme von Industriestandorten, entspricht aber der Wärmeerzeugung von Tschechien und Belgien im Jahr 2021⁴¹. Hinzu kommt, dass überschüssige Wärme aus Supermärkten sehr einfach angezapft und in den Supermärkten selbst wiederverwendet werden kann, um den Raum zu heizen oder warmes Wasser bereitzustellen.

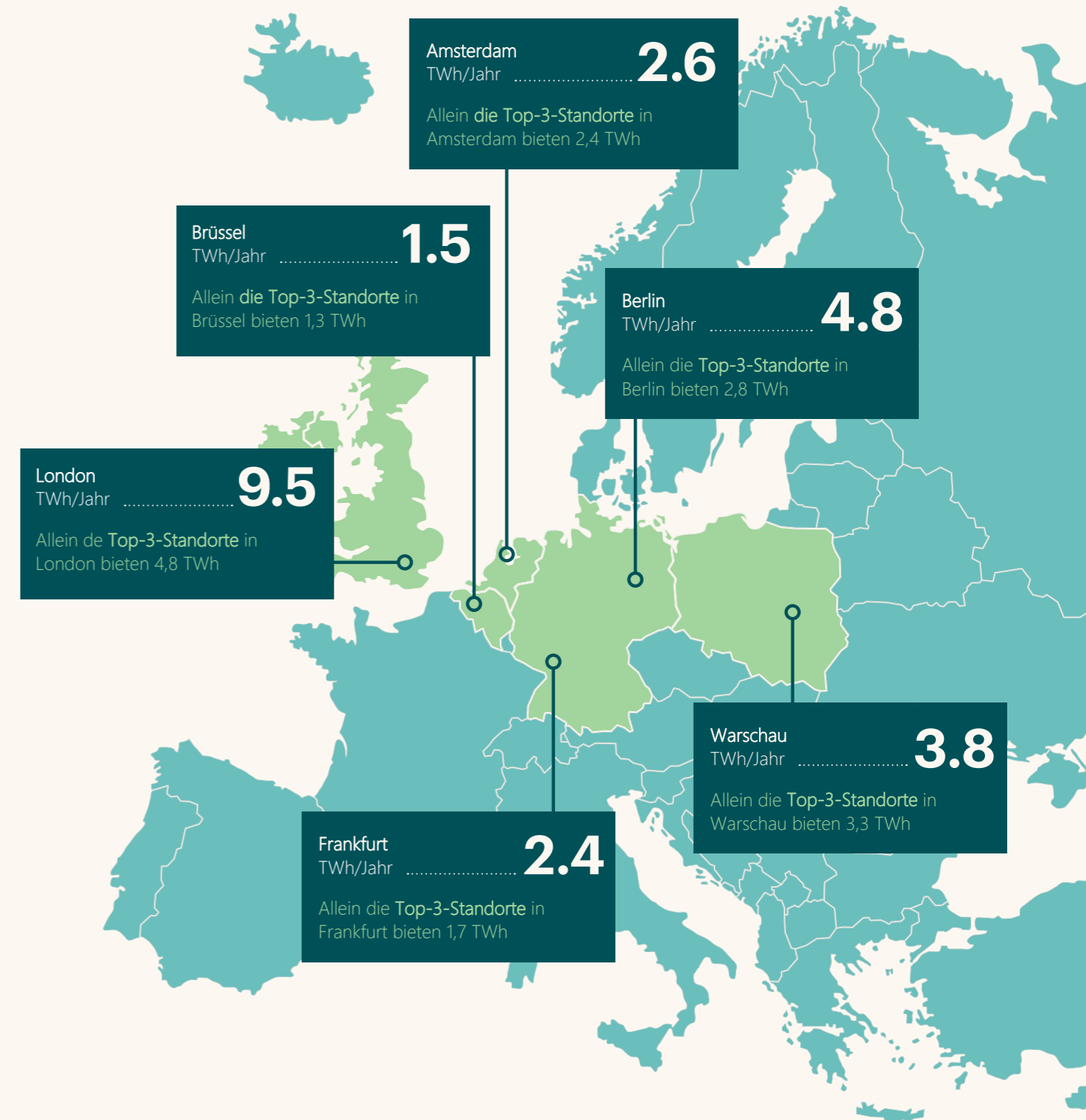
Alles, was benötigt wird, ist, dass Supermarktbesitzer bestehende, bewährte Technologien einsetzen. Wie der Supermarktfall zeigt, kann dies sogar zu erheblichen Einsparungen bei den Energiekosten beitragen – umso wichtiger in der aktuellen Energiekrise.

Kläranlagen sind eine weitere beträchtliche Quelle für überschüssige Wärme mit einem Potenzial von 318 TWh verfügbarer Abwärme pro Jahr in der gesamten EU. Auch wenn diese überschüssigen Wärmequellen nicht so groß sind wie die überschüssige Wärme von Industriestandorten, können sie zusammen einen erheblichen Teil des Energieverbrauchs in städtischen Gebieten decken.

Schauen wir uns zum Beispiel den Großraum London an⁴². Das Gebiet verfügt über 648 zulässige überschüssige Wärmequellen, darunter Rechenzentren, U-Bahn-Stationen, Supermärkte, Kläranlagen und Lebensmittelproduktionsanlagen. Die überschüssige Wärme aus diesen Quellen summiert sich auf 9,5 TWh pro Jahr, was in etwa der Wärmemenge entspricht, die benötigt wird, um 790.000 Haushalte zu heizen. Allein die Top-3-Standorte könnten jährlich 4,8 TWh Wärme liefern.

In der folgenden Grafik sehen Sie das überschüssige Wärmepotenzial ausgewählter Städte in der EU.

Im Durchschnitt können 78,8% der unten abgebildeten überschüssigen Wärme allein von den Top-3-Standorten der Städte bezogen werden.



Wie kann überschüssige Wärme genutzt werden?

Die Lösung existiert

Es gibt viele Vorteile für überschüssige Wärme. Die verstärkte Nutzung überschüssiger Wärme wird den Gesamtenergiebedarf senken, was wiederum die Kosten für Verbraucher und Unternehmen senken wird. Es wird der Wirtschaft einen Produktivitätsschub geben, da es viel billiger ist, Energie wiederzuverwenden, als sie zu kaufen oder zu produzieren. Die Nutzung überschüssiger Wärme ist eine umweltfreundlichere Alternative als die meisten anderen Energiequellen und per Definition Energieeffizienz in ihrer reinsten Form. Hinzu kommt, dass überschüssige Wärme zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen kann, da sie eine Alternative zu hochwertigen Energieträgern wie Strom darstellt.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, überschüssige Wärme zu nutzen. Grob gesagt reichen die Lösungen von sehr einfachen Lösungen, die überschüssige Wärme für Heizzwecke in derselben Einheit nutzen, bis hin zu den fortschrittlichsten Lösungen in Bezug auf Fernwärme. Werfen wir einen genaueren Blick auf die Optionen.

1. Überschüssige Wärme in derselben Einheit wiederverwenden

Überschüssige Wärme tritt an mehreren Stellen auf. Jedes Mal, wenn Energie verbraucht wird, besteht das Potenzial von überschüssiger Wärme. Genauer gesagt kann überschüssige Wärme häufig in Herstellungsprozessen oder dort gefunden werden, wo Heiz-, Kühl-, Gefrier- und Verbrennungsprozesse stattfinden.

Der einfachste Weg, überschüssige Wärme zu nutzen, besteht darin, die Wärme wieder in die gleichen Prozesse zu integrieren (siehe zum Beispiel den Supermarkt).

Die Temperatur der überschüssigen Wärme variiert je nach Prozess, aus dem sie resultiert. Zum Beispiel hat überschüssige Wärme aus Schwerindustrien wie Chemie und Zement eine viel höhere Temperatur als überschüssige Wärme aus der Kühlung in Gebäuden. Je nach Temperatur der überschüssigen Wärme kann die Wärme für unterschiedliche Zwecke genutzt werden. Im Allgemeinen kann überschüssige Wärme bei hohen Temperaturen sowohl für industrielle Prozesse als auch für den häuslichen Gebrauch verwendet werden, während niedrigere Temperaturen für den häuslichen Gebrauch (z. B. Raum- und Warmwasserbereitung) geeignet sind.

Eine Möglichkeit, Abwärme intern zu nutzen, ist der Einbau einer Wärmerückgewinnungseinheit. Eine Wärmerückgewinnungsanlage ist in fast allen Fällen in Betracht gezogen, in denen ungenutzte Wärmeenergie als "Abfallprodukt" erzeugt wird, um den Wirkungsgrad der Gesamtanlage zu steigern. Wärmerückgewinnungsanlagen machen Abwärme für Prozesse auf ähnlichem oder niedrigerem Temperaturniveau nutzbar. Wie im Supermarkt zu sehen ist, kann die überschüssige Wärme genutzt werden, um den Laden aufzuheizen und Warmwasser zu produzieren.

Fallbeispiel: Wiederverwendung überschüssiger Wärme in Supermärkten



Lebensmittel in Kühl displays und Gefrierschränken frisch zu halten, macht den größten Teil des Energieverbrauchs eines Supermarkts aus. Es mag kontraintuitiv klingen, aber Kühl displays, Gefrierschränke und Kühlschränke erzeugen eine erhebliche Menge an Wärme. Jeder, der schon einmal die Wärme hinter seinem Kühlschrank gespürt hat, kann das bestätigen. Diese Kühlsysteme erzeugen erhebliche Mengen an überschüssiger Wärme, die oft direkt in die Atmosphäre abgegeben und verschwendet wird.

In einer kleinen Stadt in Süddänemark hat der örtliche Supermarkt SuperBrugsen eine beträchtliche Menge an Energie eingespart, indem er überschüssige Wärme aus den Kühlsystemen wiederverwendet und verkauft hat.

Seit 2019 werden 78% des Wärmeverbrauchs von SuperBrugsen durch wiederverwendete Wärme aus Kühlprozessen gedeckt. Und der Supermarkt hat 133,7 MWh über das Fernwärmenetz an andere lokale Gebäude verkauft.

Drei miteinander verknüpfte Initiativen haben die Ergebnisse vorangetrieben:

Erstens hat der Supermarkt von chemischen Kältemitteln auf ein natürliches Kältemittel – nämlich CO₂ – umgestellt, das sehr gute Wärmerückgewinnungseigenschaften aufweist.

Zweitens ist bei SuperBrugsen eine Wärmerückgewinnungsanlage installiert, die die Abwärme von CO₂-Kälteanlagen zurückgewinnen soll. Die zurückgewonnene Wärme wird wiederverwendet, um den Speicher aufzuheizen und Warmwasser zu erzeugen.

Drittens führt SuperBrugsen Energieeffizienzprogramme durch, um die langfristige Effizienz zu gewährleisten. Kühlsysteme werden überwacht, technische Parameter angepasst und der regelmäßige Service hat die Energieeffizienz verbessert und den Energieverbrauch weiter gesenkt.

2. Sektorintegration und intelligente Stadtplanung

Sektorintegration oder Sektorkopplung bezieht sich auf den Prozess der Optimierung der Kombination von mindestens zwei verschiedenen Sektoren der Energienachfrage und -erzeugung (d. h. Strom, Wärme, Kälte, Verkehr und industrielle Prozesse). Bei der Sektorintegration geht es darum, Synergien zwischen den Sektoren zu maximieren und Energie umzuwandeln und zu speichern. Dies kann in kleinem Maßstab durch Stadtplanung oder in größerem Maßstab durch Fernwärmenetze geschehen (siehe unten). Die Stadtplanung kann das Potenzial der Sektorintegration und der überschüssigen Wärme nutzen, indem sie Energieerzeuger über ein intelligentes Netz mit Energieverbrauchern verbindet. Große Synergien können entstehen, wenn sich ein Produzent von überschüssiger Wärme, z. B. ein Rechenzentrum, in der Nähe von Unternehmen befindet, die große Mengen der überschüssigen Wärme kaufen und nutzen können (z. B. Gartenbau). Die Suche nach Möglichkeiten für solche Synergien zwischen Energieerzeugern und -nutzern in der Stadtplanung wird als industrielle Clusterplanung bezeichnet und trägt zur Dekarbonisierung unseres Energiesystems bei. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass die Zusammenarbeit zwischen benachbarten Unternehmen sowohl dem Käufer als auch dem Verkäufer wirtschaftliche Vorteile bringt.

3. Fernwärme

In vielen Teilen der Welt versorgen Fernwärmesysteme Haushalte und Unternehmen sowohl mit Wärme als auch mit Kälte. Fernwärme ist ein kollektives System, das ein ganzes Gebiet mit Wärme oder Kälte versorgt. Das Fernwärmenetz nutzt Wärme aus einer Kombination von erneuerbaren Quellen (Sonne, Geothermie und Biomasse) und fossilen Quellen, z. B. in Kraftwerken, und verteilt sie über Pipelines in Form von erwärmtem Wasser an die Endverbraucher. Heute basiert der Großteil der weltweiten Fernwärmeproduktion auf fossilen Brennstoffen. Laut IEA muss die Welt den Anteil grüner Quellen an der Fernwärme bis 2030 verdoppeln, um Netto-Null zu erreichen⁴⁸.

Wenn uns das gelingt, wird dies dazu beitragen, die Kohlenstoffemissionen aus der Wärmeerzeugung um mehr als ein Drittel zu senken.

Fernwärmesysteme ermöglichen heute eine grüne Wärmeversorgung. Eine der Hauptstärken von Fernwärmesystemen ist ihre Fähigkeit, verschiedene Wärmequellen zu integrieren, die fossile Brennstoffe aus dem Wärme- und Kältemix verdrängen können. Mit der Weiterentwicklung der Fernwärmetechnologie können immer mehr grüne Wärmequellen das System anzapfen. Heute ermöglicht das sogenannte Fernwärmesystem der 4. Generation die Integration von Wärmequellen mit sehr niedrigen Temperaturen in das Fernwärmenetz und die Bereitstellung von Wärme für neue Gebäude, die bei niedrigen Temperaturen betrieben werden können. Die Tatsache, dass immer mehr grüne Energiequellen für Fernwärme und -kälte genutzt werden können, rückt Fernwärmesysteme in den Mittelpunkt des grünen Übergangs.

Ein weiterer entscheidender Vorteil der Fernenergie ist, dass sie den Netzausgleich unterstützt. Eine der wichtigsten Herausforderungen bei der Dekarbonisierung unseres Netzes und der zunehmenden Elektrifizierung besteht darin, sicherzustellen, dass das Angebot der Nachfrage entspricht. Durch die ganzheitliche Betrachtung des Energiesystems und die Verknüpfung verschiedener Energiequellen ermöglicht Fernwärme eine flexible Energienutzung. Sie ermöglicht es, Diskrepanzen in Angebot und Nachfrage auszugleichen, so dass wir die volle Kapazität des Netzes ausschöpfen können. Der Ausgleich der Spitzen wird besonders wichtig sein, da wir die Nutzung erneuerbarer Energien erhöhen und die Elektrifizierung voranschreitet.

Es gibt riesige Fernwärmesysteme in China und Europa, und es wird erwartet, dass weitere folgen werden. Dänemark ist eines der energieeffizientesten Länder der Welt, was vor allem auf die weit verbreitete Nutzung von Fernwärme zurückzuführen ist. In Dänemark decken 65 % der Gebäude ihren Wärmebedarf mit Fernwärme, und mehr als die Hälfte der Wärme stammt aus grünen Quellen wie Abfall, Biomasse und überschüssiger Wärme aus verschiedenen gewerblichen Prozessen⁴⁹.

Fallbeispiel: Das Potenzial von überschüssiger Wärme aus Rechenzentren



Daten sind zum Lebenselixier der heutigen globalen digitalen Wirtschaft geworden, bilden das Rückgrat des Informationsflusses und treiben eine Reihe von Aktivitäten an, von Infrastruktur und Transport bis hin zu Einzelhandel und Fertigung. Laut IEA verbrauchen Rechenzentren im Jahr 2021 220-320 TWh Strom oder rund 0,9-1,3% des weltweiten Endstrombedarfs⁴³ – das ist mehr als der Stromverbrauch einiger Länder⁴⁴.

Rechenzentren sind auch bedeutende Produzenten von überschüssiger Wärme. Die Server innerhalb eines Rechenzentrums erzeugen Wärme, die ihrem Stromverbrauch entspricht, und die notwendige Kühlung dieser Maschinen erzeugt auch viel überschüssige Wärme. Im Vergleich zu anderen überschüssigen Wärmequellen ist der überschüssige Wärmefluss aus Rechenzentren unterbrechungsfrei und stellt daher eine sehr abhängige Quelle sauberer Energie dar. Es gibt mehrere Beispiele dafür, dass die überschüssige Wärme aus Rechenzentren wiederverwendet werden kann, um nahe gelegene Gebäude über ein Mikronetz zu heizen, oder sie kann in das Fernwärmenetz exportiert und für mehrere Zwecke verwendet werden.

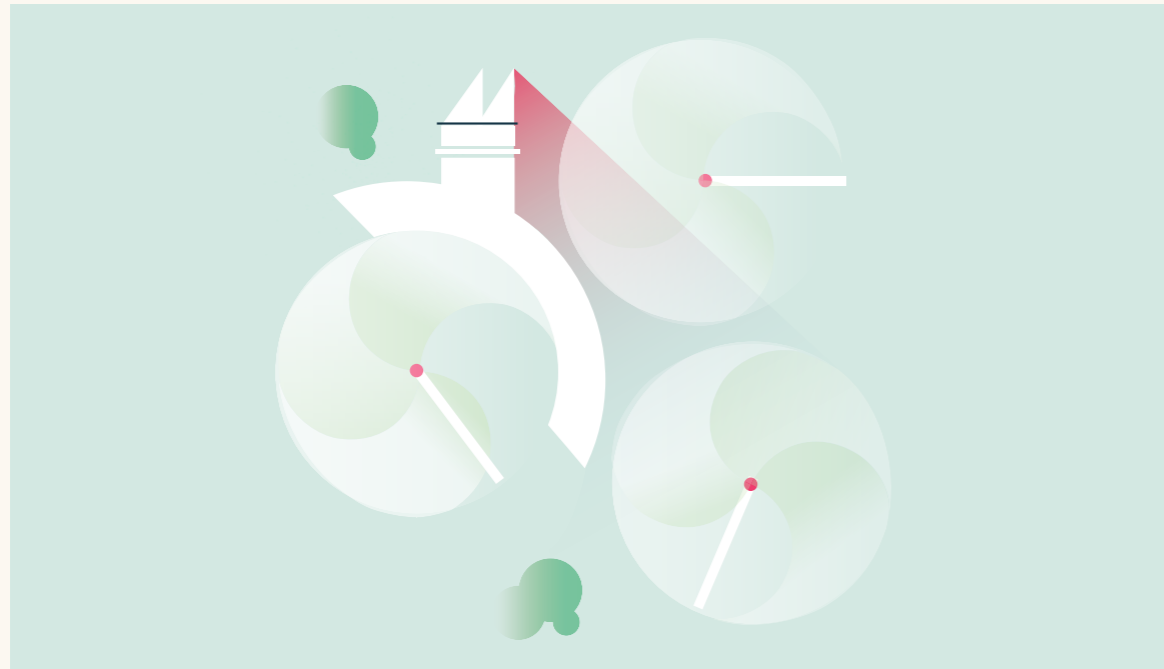
In Frankfurt am Main sind mehrere Projekte in der Pipeline, die die Stadt dabei unterstützen sollen, überschüssige Wärme aus Rechenzentren zu

entnehmen und für den gesamten Wärmebedarf von Privathaushalten und Büros zu nutzen. Rechnerisch könnte die Abwärme der Rechenzentren in Frankfurt bis zum Jahr 2030 den gesamten Wärmebedarf der Stadt aus privaten Haushalten und Bürogebäuden decken⁴⁵.

In Dublin hat Amazon Web Services Irlands erste, maßgeschneiderte nachhaltige Lösung entwickelt, um einen wachsenden Dubliner Vorort mit kohlenstoffarmer Wärme zu versorgen. Das kürzlich fertiggestellte Rechenzentrum wird Wärme für zunächst 47.000 m² öffentliche Gebäude liefern. Es wird auch Wärme für 3.000 m² Gewerbefläche und 135 erschwingliche Mietwohnungen liefern⁴⁶.

In Norwegen wurde ein Rechenzentrum zusammen mit der weltweit ersten landgestützten Hummerfarm untergebracht. Das Co-Location-Unternehmen verwendet eine Fjordkühlösung, um sein Rechenzentrum zu kühlen, wobei Meerwasser bei 8 ° C in die Anlage gelangt und dann bei 20 ° C wieder in den Fjord abgegeben wird. Dies ist also die richtige Temperatur für das optimale Wachstum eines Hummers. So wird in Zukunft eine neue Produktionsstätte in unmittelbarer Nähe des Rechenzentrums errichtet, in der das erwärmte Meerwasser für die Hummerzucht genutzt werden kann⁴⁷.

Fallbeispiel: Abwasseranlagen als Energieerzeuger



Nach Angaben der IEA verbraucht der globale Wassersektor etwa 120 Mio. t RÖE pro Jahr, was fast dem gesamten Energieverbrauch Australiens entspricht⁵⁰. Ohne Maßnahmen wird der weltweite wasserbezogene Energieverbrauch bis 2030 um 50% steigen⁵¹.

Wenn alle wirtschaftlich vorhandenen Energieeffizienzpotenziale ausgeschöpft werden – nicht zuletzt bei der Nutzung überschüssiger Energie – liegen erhebliche Energieeinsparpotenziale im Wassersektor.

Abwasser enthält erhebliche Mengen an eingebetteter Energie. Schlamm kann aus Abwasser extrahiert und in Fermenter gepumpt werden. Diese produzieren Biogas – meist Methan – das dann zu Wärme und Strom verbrannt werden kann. Folglich haben Kläranlagen das Potenzial, vom Energieverbraucher zum Energieerzeuger gemacht zu werden.

In Aarhus, Dänemark, produziert die Marselisborg Kläranlage (Kläranlage) weit mehr Energie, als sie für die Abwasseraufbereitung der 200.000 Menschen benötigt, die sie versorgt.

Tatsächlich produziert die Kläranlage Marselisborg so viel Energie, dass sie auch den Energiebedarf für den Trinkwasserbedarf decken kann. Die Kläranlage Marselisborg bietet einen Weg zu einem energieneutralen Wassersektor und zeigt, wie Energie von Wasser entkoppelt werden kann. Die Kläranlage Marselisborg produziert genug Energie, um den gesamten Wasserkreislauf eines Stadtgebiets mit 200.000 Einwohnern abzudecken – und das alles mit einem geschätzten Return on Investment von 4,8 Jahren.

Darüber hinaus kann überschüssige Wärme aus Kläranlagen Gebäude und Industrien über Fernwärmesysteme heizen.

Wärme zu recyceln ist nicht nur eine übersehene Maßnahme in der aktuellen Energiekrise, sondern auch die nächste Grenze des grünen Wandels

Politische Empfehlungen

Viele Länder und Städte sind reif, die Energieverschwendung in ihrem Hinterhof zu nutzen. Nicht zuletzt solche mit einer Energiebedarfsintensität, einem Fernwärmesystem und großen überschüssigen Wärmequellen. In einer Zeit explodierender Energiepreise, Gasknappheit und Klimakrise wäre es ein politisches Versagen immensen Ausmaßes, wenn Entscheidungsträger auf dem ganzen Kontinent die überschüssige Wärme nicht nutzen würden. Hinzu kommt, dass die Rolle der überschüssigen Wärme im zukünftigen Energiesystem weiter zunehmen wird. Die Technologie zur Nutzung von Niedertemperatur-Überschusswärme (z. B. 4. Erzeugung von Fernwärme) reift und im zukünftigen Energiesystem werden überschüssige Wärmequellen wie Power-to-X-Anlagen deutlich zunehmen. Es ist entscheidend, dass Entscheidungsträger sich dieses Potenzials bei der Stadtplanung und der Gestaltung der finanziellen und regulatorischen Rahmenbedingungen für den zukünftigen Energiemarkt bewusst sind.



Regulieren. Im Allgemeinen muss überschüssige Wärme als Energieressource und nicht als zu entsorgender Abfall betrachtet werden. Heute gibt es eine Reihe von Marktbarrieren, die Marktteilnehmer daran hindern, das Potenzial der Wiederverwendung überschüssiger Wärme zu nutzen. Die Regulierung kann diese Hindernisse beseitigen, indem sie beispielsweise eine Gleichbehandlung von Abwärme und erneuerbaren Energiequellen in Wärmenetzen unterstützt. Die Regulierung kann auch auf eine stärkere Nutzung überschüssiger Energie drängen, indem sie es für Unternehmen wie Rechenzentren oder Industrien obligatorisch macht, einen Plan für die Nutzung der überschüssigen Wärme zu erstellen.

Im Allgemeinen wird die obligatorische Wärmeplanung Städte in ganz Europa in die Lage versetzen, das Potenzial zu bewerten und die lokal verfügbaren Ressourcen optimal zu nutzen. In Dänemark beispielsweise wurden die Gemeinden gebeten, den bestehenden Wärmebedarf, die bestehende Wärmeversorgungsmethode und die verbrauchten Energiemengen abzubilden. Sie schätzten auch die zukünftigen Nachfrage- und Angebotsmöglichkeiten. Auf der Grundlage dieser Informationen wurden Gesamtenergiepläne erstellt, um die Priorität der Wärmeversorgungsoptionen in einem bestimmten Gebiet aufzuzeigen und Standorte für zukünftige Wärmeversorgungseinheiten und -netze zu identifizieren. Je nach bestehendem Energiesystem kann die Energieplanung sowohl kleinräumige Potenziale aufzeigen (z. B. die Schaffung der richtigen Anreize für die Wärmerückgewinnung oder das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung) als auch das Potenzial größerer Möglichkeiten wie dem Ausbau von Fernwärme aufzeigen.

Entscheidend ist, dass der Umfang der Wärmeplanung breit und detailliert ist und auch potenzielle zukünftige Überschusswärmequellen wie Power-to-X-Anlagen umfasst.



Wirtschaftliche Anreize angehen. Um die Energieeffizienz durch die Nutzung verschwendeter Energie weiter zu verbessern, müssen sowohl finanzielle als auch rechtliche Hindernisse beseitigt werden. Die derzeitige Gestaltung des Energiemarktes stellt vielerorts ein Hindernis für Technologien zur Sektorintegration dar. Sie behindert entweder die Teilnahme von Sektorintegrationstechnologien an bestimmten Märkten oder sie verinnerlicht nicht alle positiven und negativen externen Effekte von jeweils kohlenstoffarmen bzw. kohlenstoffintensiven Technologien. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die Steuergesetzgebung die Verwendung von Überschüssen begünstigt.

Wärme und dass geeignete Netztarifstrukturen in Betracht gezogen werden sollten. Darüber hinaus müssen administrative Hindernisse beseitigt werden, um Anreize für die Nutzer zu schaffen, sich an Fernwärmenetze anzuschließen, was auch Fernwärmeversorger ermutigen wird, ihre Effizienz zu steigern.



Partnerschaften aufbauen. Eine systematischere Nutzung überschüssiger Wärme ist im Kern eine Übung, die Sektoren und Interessengruppen umfasst. Partnerschaften zwischen lokalen Behörden, Energieversorgern und Energiequellen wie Supermärkten, Rechenzentren, Abwasseranlagen und Industrien können dazu beitragen, das volle Potenzial der überschüssigen Wärme zu maximieren.



Referenzen

1. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University, p. 54
2. Terrapin (2022). What Produces Waste Heat & How Can It Power Our Planet?
3. IEA (2022). The value of urgent action on energy efficiency, p. 7
4. IEA (2022). The value of urgent action on energy efficiency, p. 9
5. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University, p. 54
6. IEA (2022). The value of urgent action on energy efficiency, p. 9
7. IEA (2022). Renewable power's growth is being turbocharged as countries seek to strengthen energy security
8. IEA (2022). Never Too Early to Prepare for Next Winter: Europe's Gas Balance for 2023-2024, p. 3
9. Sgaravatti, G., Tagliapietra, S., Zachmann, G. (2021). National policies to shield consumers from rising energy prices, Bruegel Datasets
10. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 22
11. <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5be2fd8fb&appId=PPGMS>, p. 88
12. <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5be2fd8fb&appId=PPGMS>, p. 34
13. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 19
14. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version)
15. Fleiter, T., et al. (2020). Documentation on excess heat potentials of industrial sites including open data file with selected potentials (Version 2). Zenodo
16. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 13
17. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 20
18. Nielsen S, Hansen K, Lund R, Moreno D. (2020). Unconventional Excess Heat Sources for District Heating in a National Energy System Context, p. 2
19. Moreno D., Nielsen S. & Persson U. (2022). The European Waste Heat Map. ReUseHeat project – Recovery of Urban Excess Heat
20. Euroheat & Power (2023). DHC Market Outlook, p. 3
21. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University, p. 54
22. Connolly, D., et al. (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. Department of Development and Planning, Aalborg University
23. Heat demanded by residential and service sector buildings, also called “low-temperature heat demand”, according to 2015 data from the Heat Roadmap Europe 4. This demand doesn't cover industrial heat demand as required input temperatures are too high for excess heat recovery technologies.
24. <https://heatroadmap.eu/peta4/>
25. Heat Roadmaps – Heat Roadmap Europe
26. Luo, A., Fang, H., Xia, J., & Lin, B. (2017). Mapping potentials of low-grade industrial waste heat in Northern China. Resources, Conservation and Recycling, 125, 335-348
27. IEA (2022). The value of urgent action on energy efficiency, p. 8
28. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 60
29. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 26
30. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 60
31. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 21
32. Fleiter, T., et al. (2020). Documentations on excess heat potentials of industrial sites including open data file with selected potentials (Version 2). Zenodo, p. 59
33. <https://www.iea.org/countries/germany>, <https://www.iea.org/countries/poland>, <https://www.iea.org/countries/sweden>
34. Fleiter, T., et al. (2020). Documentations on excess heat potentials of industrial sites including open data file with selected potentials (Version 2). Zenodo, p. 71
35. IEA (2022). Energy Efficiency, p. 60
36. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 35
37. IEA (2022). Data Centres and Data Transmission Networks
38. Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., & Moreno, D. (2020). ReUseHeat project - Accessible urban waste heat (Revised version), p. 36
39. European Commission (2016). SuperSmart – Expertise hub for a market uptake of energy-efficient supermarkets by awareness raising, knowledge transfer and pre-preparation of an EU Ecolabel, p. 11
40. Moreno D., Nielsen S. & Persson U. (2022). The European Waste Heat Map. ReUseHeat project – Recovery of Urban Excess Heat
41. <https://www.iea.org/countries/czech-republic> & <https://www.iea.org/countries/belgium>
42. Defined in this paper as the area within the M25.
43. IEA (2022). Data Centres and Data Transmission Networks
44. IEA (2022). Energy Statistics Data Browser
45. eco (2021). Data centres as Gamechangers for Urban Energy Supply: City of Frankfurt am Main Could Cover Most of its Heating Needs by 2030 with Waste Heat
46. DCD (2021). Heatworks breaks ground on AWS district heating scheme in Dublin, Ireland
47. Hatchery Feed Management (2021). Land-based lobster farming to use waste heat from data center
48. IEA (2022). District Heating
49. IEA (2022). District Heating
50. IEA (2018). World Energy Outlook 2018, p. 122
51. IEA (2018). World Energy Outlook 2018, p. 123

whyee.com

Erfahren Sie mehr darüber, wie
Energieeffizienzlösungen den grünen Wandel
beschleunigen können.

