

HINTERGRUNDPAPIER



# Industrielle Abwärmenutzung in Deutschland und Frankreich

## Potenziale und Fördermechanismen

Februar 2019

Autorin: Alicia Lerbinger, DFBEW

Kontakt: Marie Boyette, DFBEW · [marie.boyette.extern@bmwi.bund.de](mailto:marie.boyette.extern@bmwi.bund.de)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:





## Zusammenfassung

Industrielle Abwärmenutzung ist ein Baustein, um die vereinbarten europäischen Effizienzziele in der Industrie zu erreichen. Sowohl in Frankreich als auch in Deutschland wird der Großteil des industriellen Endenergieverbrauchs zur Bereitstellung von Prozesswärme aufgewendet, die anschließend ungenutzt als Abwärme in die Umwelt entweicht. Mithilfe von industriellen Abwärmenutzungstechnologien kann diese Abwärme entweder als Wärme weiterverwendet werden oder in Kälte oder Strom umgewandelt und verbraucht werden.

In beiden Ländern ist hierfür ein Potenzial vorhanden, das bisher noch nicht ausgeschöpft wird. In Deutschland wurde in einer vom Bundesministerium für Wirtschaft geförderten Studie ein jährliches Potenzial von gut 60 TWh Abwärme zur Nutzung in Wärmenetzen identifiziert. In Frankreich kam eine Studie der französischen Agentur für Umwelt und Energie (ADEME) zu dem Ergebnis, dass in der Industrie jedes Jahr insgesamt 110 TWh an Abwärme anfallen, davon 17 TWh in der unmittelbaren Nähe zu bestehenden Wärmenetzen.

Um die Nutzung erneuerbarer Energie und industrieller Abwärme zur Bereitstellung von Wärme voranzutreiben, wurden in Frankreich und Deutschland gesetzliche Vorgaben und Fördermechanismen geschaffen. Zu nennen sind hier für Deutschland insbesondere die Fördermaßnahme „Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft“ der KfW Bankengruppe und des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle und für Frankreich der von der ADEME aufgesetzte Wärmefonds (*Fonds Chaleur*).

## Disclaimer

Der vorliegende Text wurde durch das Deutsch-französische Büro für die Energiewende (DFBEW) verfasst. Die Ausarbeitung erfolgte mit der größtmöglichen Sorgfalt. Das DFBEW übernimmt allerdings keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen.

Alle textlichen und graphischen Inhalte unterliegen dem deutschen Urheber- und Leistungsschutzrecht. Sie dürfen, teilweise oder gänzlich, nicht ohne schriftliche Genehmigung seitens des Verfassers und Herausgebers weiterverwendet werden. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Bearbeitung, Übersetzung, Verarbeitung, Einspeicherung und Wiedergabe in Datenbanken und anderen elektronischen Medien und Systemen.

Das DFBEW hat keine Kontrolle über die Webseiten, auf die die in diesem Dokument sich befindenden Links führen. Für den Inhalt, die Benutzung oder die Auswirkungen einer verlinkten Webseite kann das DFBEW keine Verantwortung übernehmen.



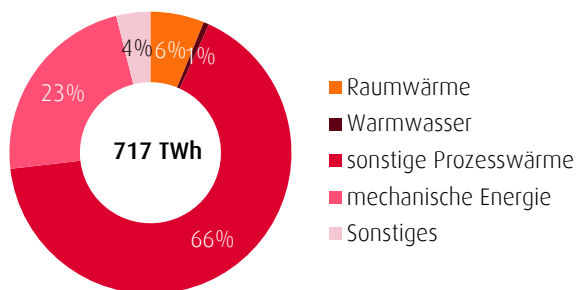
## Inhalt

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.   | Einführung   | 4  |
| II.  | Potenzialatlas der Abwärmenutzung                        | 5  |
|      | II.1. Deutschland  | 5  |
|      | II.2. Frankreich   | 6  |
|      | II.3. Beispielprojekte der industriellen Abwärmenutzung  | 8  |
| III. | Abwärmenutzungsoptionen und -technologien                | 9  |
|      | III.1. Einteilung und Bewertung von Abwärmeströmen       | 9  |
|      | III.2. Möglichkeiten und Technologien zur Abwärmenutzung | 10 |
| IV.  | Gesetzliche Regelungen und Förderprogramme               | 14 |
|      | IV.1. Gesetzliche Regelungen                             | 14 |
|      | IV.2. Förderprogramme                                    | 15 |

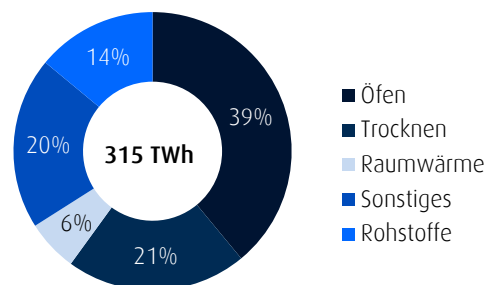
## I. Einführung

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende sind Effizienzmaßnahmen ein wichtiger Bestandteil. Durch Energieeinsparungen werden nicht nur Energiekosten gesenkt, sondern auch der Verbrauch an fossilen Brennstoffen verringert. Die Erhöhung der Effizienz in der Industrie kann einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten, da sich **der Anteil des deutschen und des französischen Industriesektors am jährlichen Endenergieverbrauch auf jeweils etwa 20 % bzw. 30 %** beläuft.<sup>1</sup>

In Abbildung 1 ist der Endenergieverbrauchs der deutschen Industrie, aufgeteilt nach Anwendungsbereich dargestellt. Deutlich erkennbar ist, dass knapp dreiviertel des industriellen Energieverbrauchs für die **Bereitstellung von Wärme in Form von Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme** aufgewendet wird. In Abbildung 2 ist der Brennstoffverbrauch der französischen Industrie, der einen Anteil von etwa 60 % am industriellen Energieverbrauch hat, aufgeteilt nach Anwendung dargestellt. Auch hier werden zwei Drittel der Energie für Prozesswärme, z.B. zur Erhitzung von Materialien in Öfen, für Trocknungsprozesse sowie für Raumwärme eingesetzt.



**Abbildung 1** - Endenergieverbrauch der deutschen Industrie im Jahr 2016 aufgeteilt nach Anwendungsbereich.  
Quelle: AGEB<sup>2</sup>, Darstellung DFBEW



**Abbildung 2** - Brennstoffverbrauch der französischen Industrie im Jahr 2013.  
Quelle: ADEME<sup>3</sup>, Darstellung DFBEW

Zusätzlich zu Prozessen, bei denen die Wärmeerzeugung beabsichtigt ist, kann diese auch unerwünscht auftreten, z.B. bei der Erzeugung von Druckluft. In beiden Fällen und somit **in nahezu allen industriellen Prozessen verlässt ein Großteil der erzeugten Wärme ungenutzt ihren Einsatzbereich als Abwärme**. Oftmals kann die Entstehung von Abwärme aus wirtschaftlichen, technischen oder physikalischen Gründen nicht vermieden werden.

Statt die Abwärme ungenutzt in die Umwelt entweichen zu lassen, besteht die Möglichkeit der **industriellen Abwärmenutzung**. Hierbei wird die Abwärme entweder erneut als Wärme in einem anderen Prozess eingesetzt oder sie wird in eine andere Energieform wie Strom oder Kälte umgewandelt und anschließend weiterverwendet. Durch die Nutzung der Abwärme kann eine höhere Energieeffizienz im Unternehmen erreicht werden. Nichtsdestotrotz sollte die Abwärmenutzung erst nach der Durchführung anderer Effizienzmaßnahme in Betracht gezogen werden und dementsprechend zunächst die Vermeidung von offensichtlichem Mehrverbrauch, die Verringerung des Energiebedarfs und die Erhöhung des Energienutzungsgrads untersucht werden.

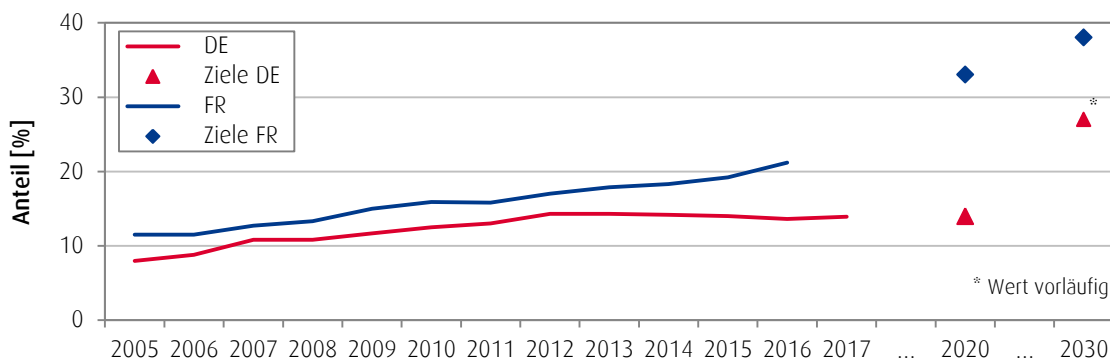
<sup>1</sup> Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) 09/2018, Chiffres clés de l'énergie. Édition 2018, S. 20 ([Link](#), auf Französisch).  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2018, Energieeffizienz in Zahlen, S. 18 ([Link](#) zum Dokument).

<sup>2</sup> BMWi 2018, Zahlen und Fakten Energiedaten, Tabelle 7 ([Link](#) zum Dokument).

<sup>3</sup> Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) 2017, La chaleur fatale. Édition 2017, S. 8 ([Link](#), auf Französisch).

Die Nutzung von Abwärme zur Bereitstellung von Wärme wird in Deutschland und Frankreich genauso wie erneuerbare Wärme gefördert. Beide Länder haben Ziele für den Anteil erneuerbarer Wärme und Kälte am Energieverbrauch festgelegt.

- Bis zum Jahr 2020 sollen in Deutschland 14 % des Wärme- und Kälteverbrauchs aus erneuerbaren Energien (EE) gedeckt werden.<sup>4</sup> Für 2030 wurde vorläufig ein Zielwert von 27 % festgelegt.<sup>5</sup> Im Jahr 2017 betrug der Anteil der EE 13,9 % nachdem in den Jahren 2012 bis 2015 die Marke von 14 % bereits überschritten worden war.<sup>6</sup>
- In Frankreich wurde für 2030 als Ziel ein Anteil von 38 % EE am Wärmeverbrauch festgelegt; 2020 soll er bereits 33 % betragen. Im Jahr 2016 lag der Wert bei 21,2%.<sup>7</sup> In Abbildung 3 sind die Entwicklung der erneuerbaren Wärmenutzung sowie die jeweiligen Ziele für die beiden Ländern dargestellt.



**Abbildung 3** – Entwicklung des Anteils EE am Endenergieverbrauch von Wärme und Kälte und Ziele für Deutschland und Frankreich  
Quellen: BMWi, MTES, Darstellung DFBEW

Im Rahmen dieses Papiers wird zunächst das vorhandene Potenzial zur industriellen Abwärmenutzung in Deutschland und Frankreich (II) dargestellt. Anschließend werden die verschiedenen Abwärmenutzungsmöglichkeiten und die dafür verwendeten Technologien (III) erläutert bevor schließlich auf die gesetzlichen Vorgaben und Förderprogramme in beiden Ländern (IV) eingegangen wird.

## II. Potenzialatlas der Abwärmenutzung

Wie bereits erwähnt wird eine nachhaltige und umweltschonende Bereitstellung von Wärme sowohl in der Industrie als auch im Gebäudesektor immer relevanter. Hierzu wird neben EE auf industrielle Abwärme gesetzt. Im Folgenden wird auf ihr Potenzial in Deutschland und Frankreich eingegangen.

### II.1. Deutschland

In Deutschland steht ein einheitliches, nationales Abwärmekataster noch nicht zur Verfügung. Somit sind nur die theoretischen Schätzwerte vorhanden. Manche Bundesländer, wie Bayern, Sachsen, Saarland und Thüringen haben jedoch in einzelnen Abwärmekatastern die Abwärmequellen des jeweiligen Landes erfasst.<sup>8</sup>

<sup>4</sup> [Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz](#) (EEWärmeG), § 1.

<sup>5</sup> BMWi 2019, Entwurf des integrierten nationalen Energie- und Klimaplan, S. 32 ([Link](#) zum Dokument).

<sup>6</sup> BMWi 2018, Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2017, ([Link](#) zum Dokument).

<sup>7</sup> MTES 05.2018, Chiffres clés de l'énergie. Édition 2018, S. 14

<sup>8</sup> [Atlas](#) von Bayern, [Saxen](#), [Saarland](#) und [Thüringen](#).



In dem dreijährigen, vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekt *EnEff:Wärme – Netzgebundene Abwärmenutzung* wird ein deutschlandweites Abwärmekataster aller Industriestandorte erstellt und mit dem Wärmebedarf im Gebäudesektor abgeglichen. Insgesamt wurde **ein theoretisches Potenzial von 52 TWh/a im Nieder- und Mitteltemperaturbereich (bis 300 °C) und zusätzlich 11 TWh/a im Hochtemperaturbereich (über 300 °C) identifiziert.**<sup>9</sup> Das Abwärmekataster, das die technisch-wirtschaftlichen Potenziale zur Nutzung der Abwärme in Wärmenetzen räumlich aufgelöst abbildet, wurde noch nicht veröffentlicht.<sup>10</sup> Andere Nutzungspotenziale der Abwärme (z.B. betriebsinterne Wärmennutzung, Kälte- und Stromerzeugung) wurden nicht untersucht.

Für ganz Deutschland beziffert das Institut für ZukunftsEnergieSysteme (izes) basierend auf Zahlen von 2008 für das gesamte nationale verarbeitende Gewerbe **das theoretisch nutzbare Wärmepotenzial auf 226 TWh/a und das theoretisch nutzbare Strompotenzial auf 38 TWh/a.**<sup>11</sup> Durch eine volle Ausschöpfung dieses industriellen Abwärmepotenzials könnten jährlich gut 80 MtCO<sub>2</sub> eingespart werden. Allerdings handelt es sich bei den Werten um idealisierte und theoretische Potenziale, bei deren Berechnung die technische Machbarkeit, das Temperaturniveau und die Verfügbarkeit vernachlässigt wurden. Damit stellen diese Werte eine obere Grenze für die Abschätzung des industriellen Abwärmenutzungspotenzials in Deutschland dar.

Bisher beläuft sich der Anteil der in das deutsche Wärmenetz eingespeisten Wärme, der durch industrielle Abwärme gedeckt wird, laut einer Erhebung des Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (AGFW) lediglich auf 2 %.<sup>12</sup> Als Grund hierfür wird die örtliche Differenz zwischen Abwärmequellen und Wärmeabnehmern genannt, die lange Fernwärmeleitungen zu Siedlungen notwendig machen. Zudem muss die Versorgungssicherheit sichergestellt sein. Eine Verringerung der Produktionsleistung im Abwärme liefernden Unternehmen kann zu Engpässen in der Wärmebereitstellung führen bzw. werden in diesem Fall alternative Anlagen zur Wärmebereitstellung benötigt.

## II.2. Frankreich

In Frankreich wurde 2017 das industrielle Abwärmepotenzial in einer umfassenden Studie ermittelt. **Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass in der Industrie (inkl. Raffination) insgesamt 109,5 TWh Abwärme anfallen.** Mehr als die Hälfte der Abwärme entsteht in der Lebensmittelbranche und in der Chemie- und Kunststoffindustrie. In Abbildung 4 ist das industrielle Abwärmearkommen nach Temperaturniveau unterteilt dargestellt. Knapp die Hälfte der Abwärme fällt bei Temperaturen über 100 °C an. Diese kann am leichtesten nutzbar gemacht werden.<sup>13</sup>

---

<sup>9</sup> Zum Vergleich: Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland für Raumwärme lag 2016 bei rund 460 TWh.

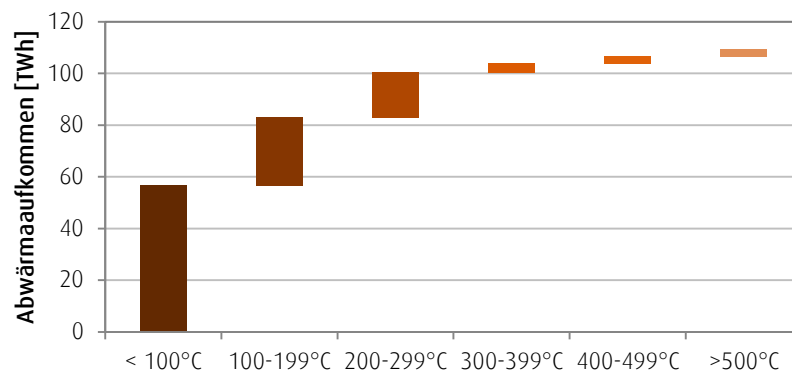
BMWi 2018, Energieeffizienz in Zahlen, S. 36 ([Link](#) zum Dokument).

<sup>10</sup> Energiewendebauen 22.08.2018, Potenziale industrieller Abwärme in Wärmenetzen ermitteln, ([Link](#) zum Dokument).

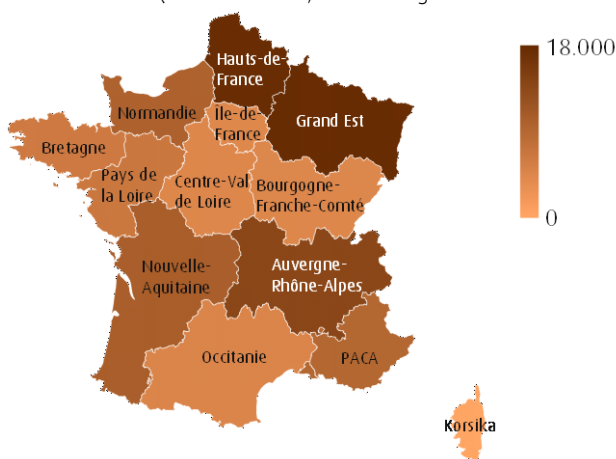
<sup>11</sup> izes 2015, Abwärmenutzung – Potentiale, Hemmnisse und Umsetzungsvorschläge, S. 50 ([Link](#) zum Dokument).

<sup>12</sup> AGFW 2017, AGFW – Hauptbericht 2016, S.9 ([Link](#) zum Dokument).

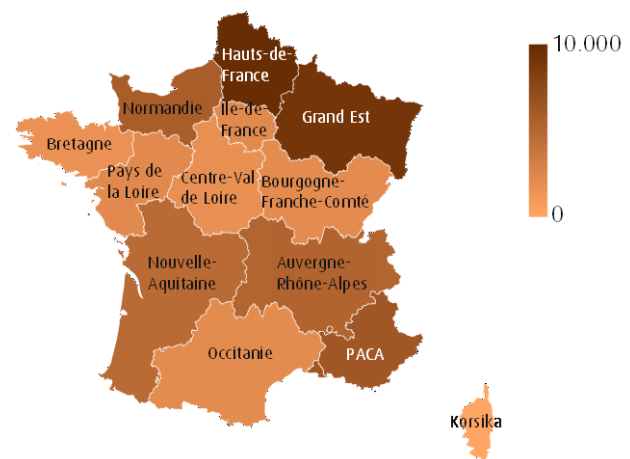
<sup>13</sup> ADEME 2017, La chaleur fatale. Édition 2017, S. 24.



**Abbildung 4** – Abwärmaufkommen in der französischen Industrie unterteilt nach Temperaturniveau  
Quelle: ADEME<sup>14</sup>, Darstellung DFBEW



**Abbildung 5** – Verteilung der industriellen Abwärme in Frankreich nach Region in TWh  
Quelle: ADEME<sup>15</sup>, Darstellung DFBEW



**Abbildung 6** – Verteilung der industriellen Abwärme über 100 °C in Frankreich nach Region in TWh  
Quelle: ADEME<sup>16</sup>, Darstellung DFBEW

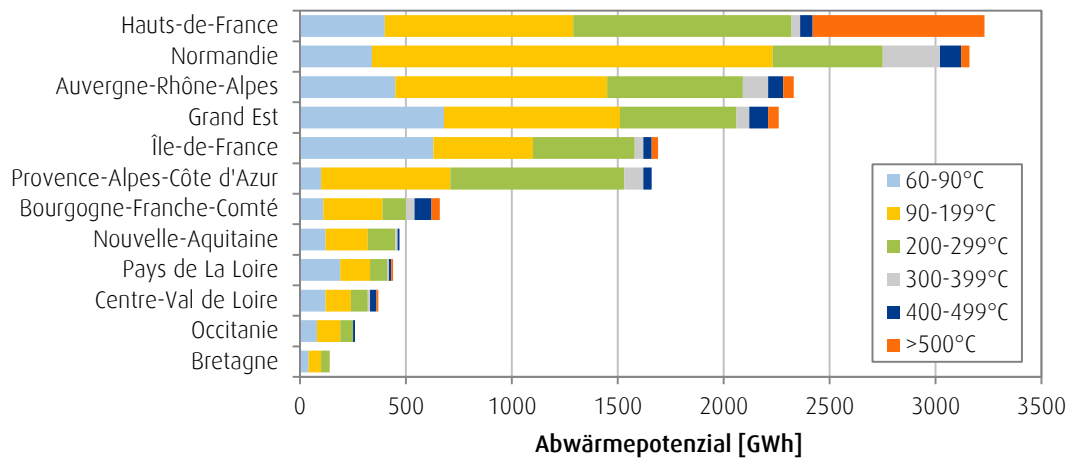
Das Abwärmaufkommen unterscheidet sich wie in Abbildung 5 und Abbildung 6 dargestellt sehr stark nach den Regionen. Die vier Regionen Grand Est, Hauts-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes und Nouvelle-Aquitaine erbringen zusammen über die Hälfte der gesamten industriellen Abwärme. Betrachtet man lediglich die Abwärme mit Temperaturen von mehr als 100 °C, stehen die drei Regionen Grand Est, Hauts-de-France und Provence-Alpes-Côte d’Azur (PACA) an der Spitze. Ihr Anteil an der Abwärme über 100 °C summiert sich auf knapp 50 %.

Neben der gesamten industriellen Abwärme wurde in der Studie auch **das Abwärmepotenzial in der Nähe zu bestehenden Wärmenetzen abgeschätzt. Insgesamt beträgt es circa 17 TWh.** In Abbildung 7 ist das identifizierte Abwärmepotenzial für die verschiedenen Regionen dargestellt. Hierin wurde neben der Abwärme von Industriestandorten auch die Abwärme aus Kläranlagen, Müllverbrennungsanlagen und Rechenzentren berücksichtigt. Deren Anteil macht knapp 8 % der Abwärme aus.

<sup>14</sup> ADEME 2017, La chaleur fatale. Édition 2017, S. 25f.

<sup>15</sup> ADEME 2017, La chaleur fatale. Édition 2017, S. 26.

<sup>16</sup> Ebd.



**Abbildung 7** – Abwärmepotenzial in der Nähe zu bestehenden Wärmenetzen nach Region

Quelle: ADEME<sup>17</sup>, Darstellung DFBEW

Zusätzlich wurde das **Potenzial zur Stromerzeugung aus industrieller Abwärme ermittelt. Dieses beträgt 1,1 TWh** und ist somit im Vergleich zum gesamten Abwärmeaufkommen sehr gering.

## II.3. Beispielprojekte der industriellen Abwärmenutzung

Sowohl in Deutschland als auch in Frankreich wurden bereits Projekte zur Nutzung von industrieller Abwärme umgesetzt. Im Folgenden werden drei Beispiele vorgestellt:

### 1. Dünkirchen und ArcelorMittal

Schon 1985 wurde in Dünkirchen im Norden von Frankreich ein Wärmenetz gebaut, das seine Wärme zu einem großen Teil vom Stahlkonzern ArcelorMittal bezieht. Die Abwärmeleistung, die aus Prozessen in der Stahlerzeugung in das Wärmenetz eingespeist werden kann, wurde im Lauf der Jahre erhöht. Der Anteil aus der industriellen Wärmerückgewinnung an der eingespeisten Wärmemenge beträgt in der Regel zwischen 55 und 65 %. Über das Wärmenetz werden jährlich etwa 140 GWh geliefert; dies entspricht etwa dem Wärmebedarf von 16.000 Wohnungen und einer jährlichen Einsparung von circa 30.000 t CO<sub>2</sub>.<sup>18</sup>

### 2. Stadtwerke Karlsruhe und Mineraloelraffinerie Oberrhein

Im Südwesten Deutschlands kooperieren seit 2010 die Stadtwerke Karlsruhe mit der Mineraloelraffinerie Oberrhein (MiRO). Gemeinsam haben sie ein Projekt zur Abwärmenutzung umgesetzt, bei dem die Abwärme aus den Produktionsprozessen der MiRO in das Fernwärmenetz der Karlsruher Stadtwerke eingespeist wird. Die MiRO stellt eine Wärmeleistung von 90 MW bereit. Die Stadtwerke können jährlich etwa 520 GWh Wärme von der MiRO beziehen und decken damit mehr als 50 % ihres Fernwärmebedarfs. In Karlsruhe werden bis zu 43.000 Haushalte mit Fernwärme aus der industriellen Abwärme versorgt, wodurch jährlich rund 100.000 t CO<sub>2</sub> eingespart werden.<sup>19</sup>

### 3. Aurubis – Fernwärme für die östliche HafenCity in Hamburg

<sup>17</sup> ADEME 2017, La chaleur fatale. Édition 2017, S. 37.

<sup>18</sup> Dunkerque Promotion 2018, Le territoire dunkerquois, précurseur de l'écologie industrielle, ([Link](#), auf Französisch).

Communauté urbaine de Dunkerque 2016, Opportunités et stratégies de valorisation de la chaleur industrielle fatale, ([Link](#), auf Französisch).

<sup>19</sup> Stadtwerke Karlsruhe 12.11.2015, Raffiniert: MiRO wärmt noch mehr Häuser in unserer Stadt, ([Link](#) zum Dokument).

MiRO, Raffiniert: MiRO wärmt unsere Stadt, ([Link](#) zum Dokument).





Seit Oktober 2018 wird die Hafencity in Hamburg mit Abwärme des Kupfererzeugers Aurubis versorgt. Hierfür wurde eine Leitung mit einer Kapazität von 60 MW zwischen dem Werksgelände auf der einen und der Hafencity auf der anderen Seite der Elbe errichtet. Aurubis kann darüber jährlich circa 160 GWh in das Fernwärmenetz einspeisen, was in etwa dem Wärmebedarf von 8.000 Vier-Personen-Haushalten entspricht. Das Gesamtpotenzial einspeisbarer Abwärme von Aurubis beträgt bis zu 500 GWh. Um eine ganzjährig stabile Wärmeversorgung zu gewährleisten und Schwankungen in der Abwärmebereitstellung auszugleichen, wurde ein Wärmespeicher in das System integriert. Damit lässt sich die Abwärmebereitstellung vom Wärmebedarf zeitlich entkoppeln.<sup>20</sup>

## III. Abwärmenutzungsoptionen und -technologien

### III.1. Einteilung und Bewertung von Abwärmeströmen

Abwärme tritt bei fast allen industriellen Prozessen auf und kann oftmals nicht vermieden werden. Sie **entsteht durch ineffiziente Prozesse und Anlagen sowie durch thermodynamische Beschränkungen**. Abwärmequellen und die daraus resultierenden Abwärmeströme können anhand verschiedener Merkmale unterteilt und bewertet werden, z.B. nach dem Trägermedium, Temperaturniveau, der Abwärmemenge und der zeitlichen Verfügbarkeit.

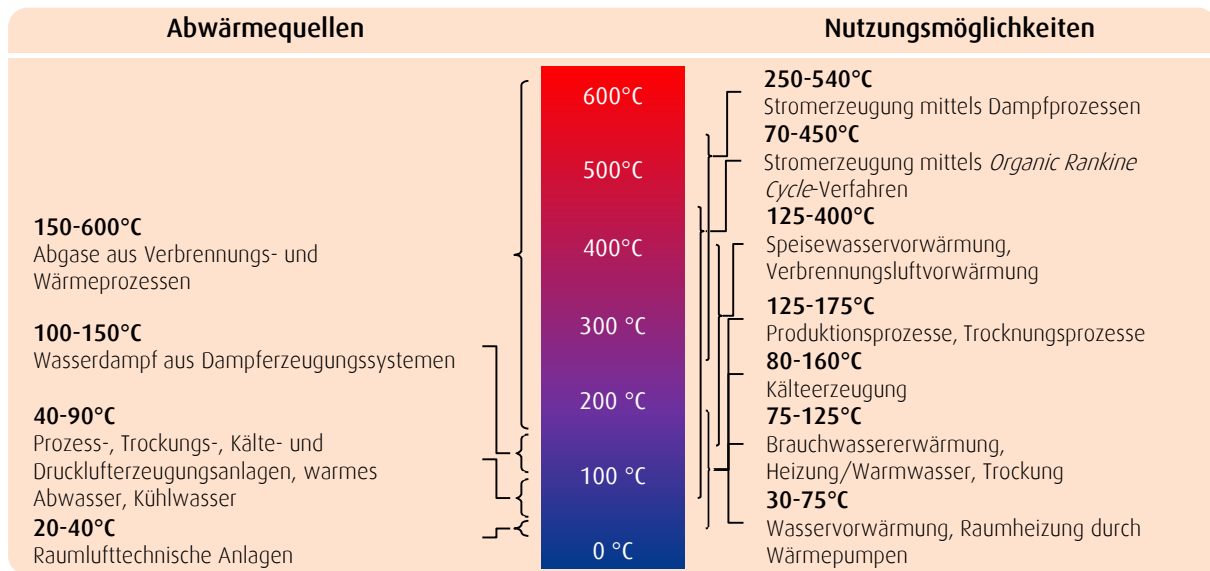
Abwärme wird entweder diffus an die Umwelt abgegeben oder über ein **flüssiges oder gasförmiges Trägermedium**, wie z.B. Abgase oder Kühlwasser. Abwärme, die an ein Medium gebunden ist, steht meist in großer Menge zur Verfügung und kann über einen Wärmeübertrager nutzbar gemacht werden. Im Gegensatz dazu lässt sich diffus anfallende Abwärme, die beispielsweise über die Oberfläche einer Anlage abgegeben wird, nur schwer weiter nutzen.

Zudem fällt Abwärme in **unterschiedlichen Temperaturbereichen** an. Das Spektrum reicht von Temperaturen zwischen 20°C und 40°C von Abluft aus raumlufttechnischen Anlagen bis zu Temperaturen von 600°C bei Abgasen aus Verbrennungs- und Wärmeprozessen. In Abbildung 8 sind die Temperaturniveaus verschiedener Abwärmequellen etwaigen Nutzungsmöglichkeiten gegenübergestellt. Für eine optimale Nutzung der Abwärme sollte das Temperaturniveau der Quelle mit den Temperaturanforderungen des Wärmeabnehmers übereinstimmen.

Die **Abwärmemenge** beschreibt die verfügbare Energiemenge einer Abwärmequelle, die für die Abwärmenutzung bereitgestellt werden kann. Sie hängt unter anderem vom Volumen des Abwärmestroms, von den Eigenschaften des Abwärmemediums und von der Temperatur, auf die das Abwärmemedium abgekühlt wird, ab.

---

<sup>20</sup> Deutsche Energie-Agentur (dena), Initiative EnergieEffizienz 2018, Aurubis AG punktet mit Abwärmenutzung, ([Link](#) zum Dokument).  
dena, Leuchttürme energieeffiziente Abwärmenutzung, Projektsteckbrief Aurubis AG & enercity Contracting Nord GmbH, ([Link](#) zum Dokument).



**Abbildung 8** – Gegenüberstellung von Abwärmequellen und –senken in unterschiedlichen Temperaturbereichen  
Quelle: dena Abwärmennutzung<sup>21</sup>, Darstellung DFBEW

Ebenso ist die **zeitliche Verfügbarkeit** der Abwärme zu berücksichtigen: Wird die Abwärme kontinuierlich erzeugt oder schwankt die Abwärmemenge, gibt es saisonale Unterschiede und wie hoch ist die Volllaststundenzahl pro Jahr. Im Idealfall stimmen Wärmebereitstellung und Wärmebedarf zeitlich überein, da sonst Wärmespeicher oder sonstige Reservekapazitäten für die Überbrückung der zeitlichen Differenz benötigt werden.

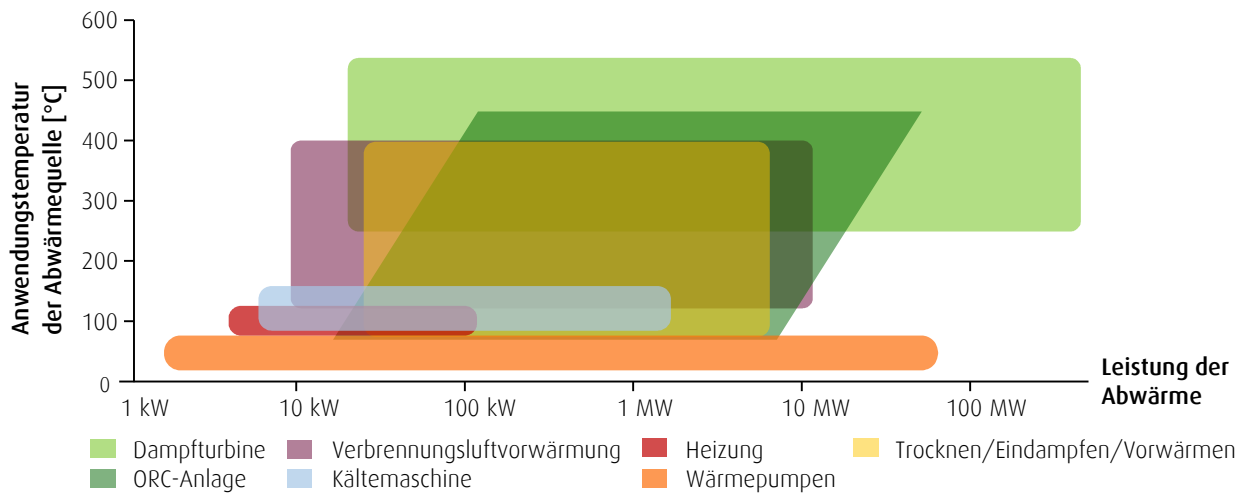
### III.2. Möglichkeiten und Technologien zur Abwärmennutzung

Abhängig vom Temperaturniveau der Abwärme gibt es eine Bandbreite an Nutzungsmöglichkeiten: Zum Beispiel kann mithilfe von kühlerer Abwärme Wasser vorgewärmt werden oder aus sehr heißer Abwärme Strom erzeugt werden (siehe Abbildung 8, rechte Seite). Im Allgemeinen kann zwischen drei Nutzungsmöglichkeiten unterschieden werden:

1. Die Abwärme kann entweder **als Wärme wiederverwendet** werden ([III.2.1](#))
2. oder sie wird **in Kälte** ([III.2.2](#)) bzw. **Strom umgewandelt** ([III.2.3](#)).

Für die verschiedenen Nutzungsarten kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz. In Abbildung 9 findet sich eine Übersicht einiger Technologien bzw. Anwendungen, dargestellt in Abhängigkeit zum einen von der Leistung des Abwärmestroms und zum anderen von dem Temperaturniveau der Abwärme.

<sup>21</sup> dena 2015, Erfolgreiche Abwärmennutzung im Unternehmen, S. 4f ([Link](#) zum Dokument).



**Abbildung 9** – Technologien und Anwendungen zur Abwärmenutzung nach Leistung und Temperaturbereich der Abwärme  
Quelle: dena<sup>22</sup>, Darstellung DFBEW

### III.2.1. Nutzung von Abwärme als Wärmequelle

Die thermische Nutzung von Abwärme wird nach ihren drei Anwendungsgebieten unterschieden:

1. Bei der **prozessinternen Nutzung** wird die Abwärme in der gleichen Anlage oder dem gleichen Prozess, in dem sie erzeugt wird, wiederverwendet. Beispielsweise werden Ofenabgase dazu genutzt, Verbrennungsluft vorzuwärmen, um so den Brennstoffeinsatz zu reduzieren.
2. Alternativ kann die Abwärme **betriebsintern** eingesetzt werden. Sie wird in diesem Fall entweder in einen anderen Prozess integriert oder zur Raumheizung und Bereitstellung von Warmwasser im Unternehmen verwendet. Reicht die Temperatur der Abwärme hierfür nicht aus, kann dem Abwärmestrom Energie zugeführt und dadurch die Temperatur erhöht werden.
3. Schließlich kann die **Abwärme an Dritte weitergegeben**, also außerhalb des Unternehmens genutzt werden. Sie wird hierfür in ein Nah- bzw. Fernwärmenetz eingespeist und entweder an Unternehmen in unmittelbarer Nähe weitergeleitet oder zur Beheizung von Wohn- oder Nichtwohngebäuden eingesetzt. Für die externe Nutzung der Abwärme wird eine Transportinfrastruktur benötigt.

Im Normalfall kann Abwärme bzw. ein Abwärmestrom nicht direkt weiterverwendet werden, weil beispielsweise das Trägermedium mit Staub, Öl oder Ruß verschmutzt ist. Für eine weitere Nutzung muss die Abwärme zunächst auf ein anderes Medium übertragen werden. Zum Beispiel muss die Abwärme vom Ofenabgas einer Verbrennung auf die Frischluft, die der Verbrennung zugeführt wird, übertragen werden. Dies geschieht mithilfe eines **Wärmeübertragers**, auch Wärmetauscher genannt. Hierbei handelt es sich um einen Apparat, mit dem **Wärme von einem wärmeren Medium auf ein kälteres Medium übertragen** wird. Wärmetauscher sind ein Grundbestandteil jedes Abwärmenutzungssystems und existieren in einer Vielzahl an Bauformen, die sich in ihren Eigenschaften bezüglich Leistungsbereich, Medien, Temperaturen und Kosten unterscheiden.<sup>23</sup>

**Wärmepumpen** werden dazu eingesetzt, das **Temperaturniveau vorhandener Abwärme durch Energiezufuhr zu erhöhen**. Hierdurch kann Abwärme für Abnehmer, die höhere Temperaturanforderungen haben, nutzbar gemacht werden. Es gibt zwei verschiedene Bauarten: Kompressionswärmepumpen und sorptionsbasierte Wärmepumpen.

<sup>22</sup> dena 2015, Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen, S. 8.

<sup>23</sup> Für detaillierte Informationen zu verschiedenen Wärmeübertrager-Bauformen siehe:

Sächsische Energieagentur (saena) 2016, Technologien der Abwärmenutzung, S. 14ff, ([Link zum Dokument](#)).



Während mithilfe der ersteren die Temperatur um etwa 40 bis 50 °C angehoben werden kann und Temperaturen bis zu 65 °C erreicht werden, lassen sich mit speziellen Bauformen der sorptionsbasierten Wärmepumpe Temperaturen bis zu 300 °C erreichen. Wärmepumpen gibt es, wie in Abbildung 9 zu erkennen ist, **für einen breiten Leistungsbereich von wenigen kW bis zu etwa 20 MW. Die Kosten lagen 2016 je nach Wärmepumpe zwischen 150 €/kWh und 1.500 €/kWh.**<sup>24</sup>

Weiterhin werden auch **Wärmespeicher** zum Bereich der thermischen Nutzung von Abwärme gezählt. Sie lassen eine zeitlich und räumlich flexible Nutzung der Abwärme zu, indem sie die Abwärme bei ihrem Auftreten einspeichern und diese bei Bedarf wieder abgeben. **Somit entkoppeln sie Abwärmebereitstellung und -bedarf voneinander** und erschließen dadurch weitere Nutzungsmöglichkeiten für Abwärmequellen. Je nach Funktionsprinzip werden sie in sensible, latente und sorptive Wärmespeicher eingeteilt. Die verschiedenen Speicherarten unterscheiden sich in ihren Eigenschaften, Kosten und Anwendungsmöglichkeiten.<sup>25</sup> Speicher lassen sich zudem anhand der Speicherdauer einteilen. Kurzzeitspeicher halten die thermische Energie wenige Minuten bis zu Tage, während bei Langzeitspeichern Speicherdauern von mehreren Monaten, also eine saisonale Speicherung, möglich sind. Für die industrielle Abwärmenutzung sind hauptsächlich Kurzzeitspeicher interessant: Aufgrund der höheren Anzahl an Speicherzyklen ist der Preis für gespeicherte Wärme bezogen auf die Lebensdauer des Speichers niedriger als bei Langzeitspeichern.

### III.2.2. Kältebereitstellung aus Abwärme

Falls innerhalb des Unternehmens kein Wärmebedarf vorhanden ist bzw. dieser mit der anfallenden Abwärme nicht sinnvoll gedeckt werden kann, **besteht die Möglichkeit mithilfe von thermisch angetriebenen Kältemaschinen Kälte bereitzustellen.** Für die Kälteerzeugung aus Abwärme ist es von Vorteil, wenn das Unternehmen einen relativ konstanten Kältebedarf in der Produktion hat, da in diesem Fall die Abwärme das ganze Jahr über für die Kältebereitstellung genutzt werden kann. Der Einsatz von Abwärme zur Klimatisierung von Gebäuden ist im Gegensatz dazu saisonal auf den Sommer beschränkt, sodass in der Heizperiode die Abwärme anderweitig genutzt werden muss.

Die Bereitstellung von Kälte aus Abwärme erfolgt mittels **sorptionsbasierter Verfahren**, die auf dem gleichen thermodynamischen Kreisprozess wie Wärmepumpen basieren. Sorptionsbasierte Kältemaschinen können bereits mit Abwärmemetemperaturen ab 55 °C betrieben werden. **Die Anlagen haben einen Leistungsbereich von wenigen kW bis zu 12 MW. Die Investitionskosten variierten 2016 zwischen 200 €/kWh und 1.500 €/kWh.**<sup>26</sup>

### III.2.3. Stromerzeugung aus Abwärme

Als dritte Variante kann **mithilfe der Abwärme mechanische Energie erzeugt werden, die anschließend in einem Generator in Strom umgewandelt wird.** Für die Erzeugung von Strom aus Abwärme werden jedoch hohe Temperaturen und eine große Abwärmeleistung benötigt. Diese Nutzungsform der Abwärme hat den Vorteil, dass der Betrieb unabhängig von Wärme- und Kälteabnehmern ist und Schwankungen in den auftretenden Abwärmemengen weniger problematisch sind als bei den beiden anderen Optionen.

In Abbildung 10 ist das Funktionsprinzip des **Dampfkraftprozess** dargestellt. Es ist die gebräuchlichste Technologie zur Umwandlung von Wärme in mechanische Energie bzw. Strom, die auch in konventionellen Kraftwerken eingesetzt wird. Die Abwärme kann an unterschiedlichen Stellen im Prozess eingesetzt werden (siehe Abbildung 10). Für den Dampfkraftprozess werden Abwärmemetemperaturen von mindestens 150 °C benötigt (Option 2). Jedoch steigen

<sup>24</sup> Für detailliertere Informationen zu Wärmepumpen-Bauformen siehe: saena 2016, Technologien der Abwärmenutzung, S. 32ff.

<sup>25</sup> Für detailliertere Informationen zu verschiedenen Wärmespeichertechnologien siehe: saena 2016, Technologien der Abwärmenutzung, S. 22ff.

<sup>26</sup> Für detaillierte Informationen zu den Prinzipien zur Kältebereitstellung siehe: saena 2016, Technologien der Abwärmenutzung, S. S35ff und Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) 2013, Industrielle Abwärmenutzung. Kurzzstudie, S. 19 ([Link](#) zum Dokument).

mit der Betriebstemperatur die Stromausbeute und die damit verbundene Wirtschaftlichkeit, so dass sie idealerweise etwa 500 °C betragen sollte. **Die Investitionskosten belaufen sich auf bis zu 5.000 €/kW<sub>el</sub>.** In der Regel erreichen Dampfturbinensysteme Gesamtwirkungsgrade zwischen 20-35 %.<sup>27</sup>

Beim **ORC-Prozess** (*Organic Rankine Cycle*), der auf dem gleichen Prinzip wie der Dampfkraftprozess basiert, wird anstelle von Wasser eine organische Flüssigkeit als Arbeitsmittel eingesetzt. Hierdurch sind tiefere Betriebstemperaturen als beim Dampfkraftprozess möglich – die Mindesttemperatur der Abwärme beträgt etwa 100 °C. Allerdings erreicht der Gesamtwirkungsgrad bei diesem Prozess lediglich Werte von 5-15 %. **Für eine ORC-Anlage war 2016 mit Investitionskosten zwischen 3.000 und 7.500 €/kW<sub>el</sub> zu rechnen.**

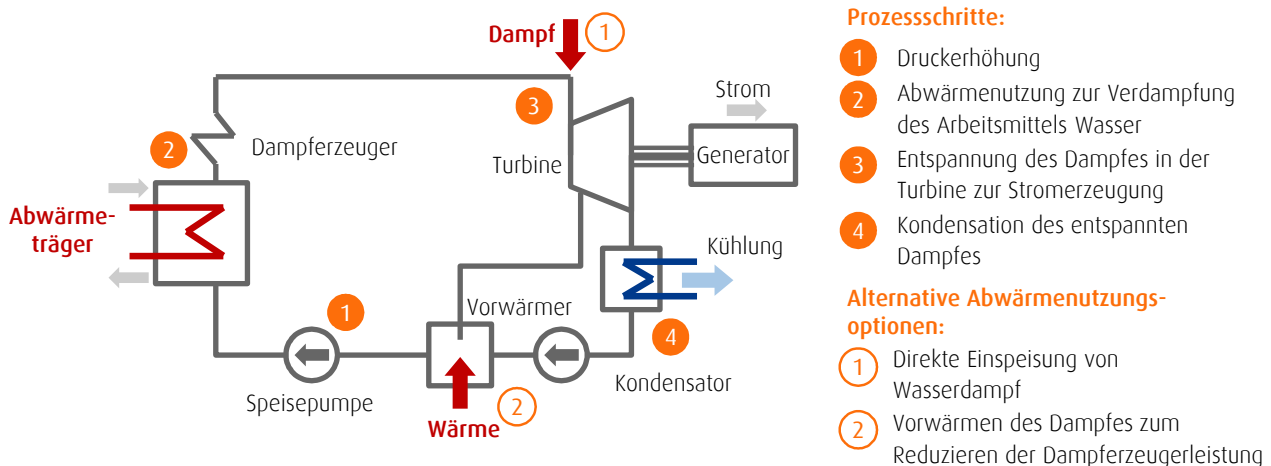


Abbildung 10 – Schaltbild eines Dampfkraftprozesses  
Quelle: saena 2016<sup>28</sup>, Darstellung DFBEW

Ebenfalls nach dem gleichen Prinzip funktioniert der **Kalina-Prozess**. Jedoch wird hier ein **Ammoniak-Wasser-Gemisch im Kreisprozess genutzt**. Der Kalina-Prozess ist im Betrieb flexibler als der ORC-Prozess. Dadurch können höhere Wirkungsgrade erzielt werden. **Gleichzeitig ist jedoch die Anlagentechnik aufwendiger und damit kostenintensiver als beim ORC-Prozess.**<sup>29</sup>

Zudem kann ein **Stirling-Motor** zur Stromerzeugung aus Abwärme eingesetzt werden. Das nötige Abwärmeebene liegt zwischen 650 und 1.100 °C. Stirling-Motoren sind leise und wartungsarm und erreichen Wirkungsgrade von 10 bis 16 %. **Die Investitionskosten sind günstiger als bei den anderen Stromerzeugungstechnologien; sie betragen zwischen 1.400 und 1.700 €/kW<sub>el</sub>.**

<sup>27</sup> Für eine ausführliche Erklärung zum Dampfkraftprozess siehe: saena 2016, Technologien der Abwärmennutzung, S. 41ff.

<sup>28</sup> saena 2016, Technologien der Abwärmennutzung, S. 41.

<sup>29</sup> Für detailliertere Informationen zum ORC-Prozess und zum Kalina-Prozess siehe: saena 2016, Technologien der Abwärmennutzung, S. 43f und ISI 2013, Industrielle Abwärmennutzung. Kurzstudie, S. 21.



## IV. Gesetzliche Regelungen und Förderprogramme

Sowohl in Deutschland als auch in Frankreich existieren Gesetze und Fördermaßnahmen, um die Integration von industrieller Abwärme in die Energieversorgung voranzutreiben und zu unterstützen.

### IV.1. Gesetzliche Regelungen

#### Wärmeschutzverordnung für Neubauten

In Deutschland wurde 2008 das [Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich](#) (EEWärmeG) erlassen, das zuletzt im Oktober 2015 aktualisiert wurde. Darin wird unter anderem eine Pflicht zur Nutzung von EE für Neubauten festgelegt. Neben dem Einsatz von EE wie Solar- oder Geothermie kann man diese Pflicht auch erfüllen, indem der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens 50 % aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme gedeckt wird oder das Gebäude an ein Fernwärme- oder Fernkältenetz angeschlossen ist, dass zu mindestens 50 % industrielle Abwärme nutzt (§ 7 EEWärmeG).

In Frankreich wurde die Wärmeschutzverordnung ([Réglementation thermique](#), RT) für Neubauten zuletzt 2012 aktualisiert. Sie enthält eine Pflicht zur Nutzung von EE für neue Einfamilienhäuser. Diese gilt unter anderem als erfüllt, wenn das Gebäude zur Deckung seines Wärmebedarfs an ein Fernwärmenetz angeschlossen ist, dass zu mindestens 50 % mit industrieller Abwärme betrieben wird.<sup>30</sup>

#### Machbarkeitsstudien

Die Europäische Union hat 2012 eine [Richtlinie zur Energieeffizienz](#) verabschiedet. Hierin wird in Artikel 14 unter anderem für die folgenden zwei Fälle die Pflicht zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse hinsichtlich Abwärmenutzungsmöglichkeiten festgelegt:

- **Planung oder erhebliche Modernisierung einer Industrieanlage** mit einer thermischen Gesamtnennleistung von mehr als 20 MW, bei der Abwärme mit einem nutzbaren Temperaturniveau entsteht
- **Bei der Planung eines neuen Fernwärme- oder Fernkältenetzes, der Planung einer neuen Energieerzeugungsanlage** mit einer thermischen Gesamtleistung von mehr als 20 MW in einem bestehenden Fernwärme- oder Fernkältenetz oder der **erheblichen Modernisierung einer bestehenden derartigen Anlage** soll die mögliche Einbindung von Abwärme aus nahegelegenen Industrieanlagen analysiert werden

In Deutschland wurde zur Umsetzung der Richtlinie die [Verordnung über den Vergleich von Kosten und Nutzen der Kraft-Wärme-Kopplung und der Rückführung industrieller Abwärme bei der Wärme- und Kälteversorgung](#) erlassen. In Frankreich wurde die Richtlinie mit dem Dekret Nr. 2014-1363 ([Décret n° 2014-1363](#)) und dem Erlass vom 9. Dezember 2014 ([Arrêté du 9 décembre 2014](#)) im Umweltgesetzbuch ([Code de l'environnement](#)) aufgenommen und mit dem Erlass vom 3. August 2018 ([Arrêté du 3 août 2018](#)) angepasst.

#### Genehmigung

Nach dem in Deutschland gültigen [Bundes-Immissionsschutzgesetz](#) (BImSchG) wird für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen, die in besonderem Maße schädliche Umwelteinwirkungen hervorzurufen können, eine behördliche Genehmigung benötigt. Diese Anlagen werden in der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV aufgeführt. Grundsätzlich werden in dem Gesetz alle Betreiber solcher Anlagen dazu verpflichtet, ihre

---

<sup>30</sup> Weitere Informationen zu Wärmeschutzverordnungen in Frankreich und Deutschland siehe DfBEW-Hintergrundpapier ([Link](#) zum Dokument).

Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass Energie sparsam und effizient verwendet wird. Dazu gehört eine sinnvolle Abwärmenutzung, soweit dies möglich ist (§§ 4BImSchG).

Änderungen an Anlagen, die lediglich eine Verbesserung der Abwärmenutzung zum Ziel haben, benötigen keine Genehmigung, wenn potenzielle nachteilige Auswirkungen gering sind und die sich aus dem BImSchV ergebenden Pflichten weiterhin erfüllt werden. Nichtsdestotrotz müssen Änderungen der Behörde gemeldet werden und sämtliche Fragen zur Genehmigung rechtzeitig mit der zuständigen Behörde geklärt werden.

### **EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen**

Im Rahmen des Clean Energy Packages wurde am 11. Dezember 2018 eine neue [Richtlinie zum Ausbau der EE in Europa](#) erlassen.<sup>31</sup> Hierin wurde unter anderem ein Zielpfad für die Nutzung von EE im Bereich Wärme und Kälte festgelegt: Die Mitgliedstaaten werden dazu verpflichtet, ihren Anteil an erneuerbarer Wärme bis 2030 jährlich um 1,3 Prozentpunkte zu erhöhen. Abwärme darf bis zu einer Obergrenze von 40 % zum Zielwert beitragen. Zudem müssen die Mitgliedsstaaten eine Bewertung des nationalen Potenzials von Energie aus erneuerbaren Quellen und der Nutzung von Abwärme und -kälte im Wärme- und Kältesektor durchführen. Um die Integration von Abwärme beim Entwurf, beim Bau und bei der Renovierung von städtischer Infrastruktur, Industrie-, Gewerbe- oder Wohngebieten und Energieinfrastruktur sicherzustellen, werden auf allen behördlichen Ebenen Vorschriften zur Integration von Abwärme eingeführt.

## **IV.2. Förderprogramme**

Sowohl in Deutschland als auch in Frankreich gibt es Förderprogramme, die bei der Umsetzung von industriellen Abwärmenutzungsprojekten in Anspruch genommen werden können. Die meisten dieser Programme zielen darauf ab, die Modernisierung, Erweiterung oder den Neubau von Einzelmaßnahmen zu unterstützen. In einigen Programmen werden auch ganze Systeme gefördert oder vorgelagerten Machbarkeitsstudien.

In Tabelle 1 sind einige Fördermaßnahmen aufgeführt. Die Liste ist allerdings nicht erschöpfend. Für Deutschland gibt es die Möglichkeit in der Förderdatenbank<sup>32</sup> zu den Förderprogrammen zu recherchieren. Französische Förderprogramme werden zum Beispiel auf dem Portal zur Förderung der Kreislaufwirtschaft<sup>33</sup> (*Portail des aides à l'économie circulaire*) und im nationalen Verzeichnis für Förderprogramme für Unternehmen<sup>34</sup> (*Répertoire National des Aides aux Entreprises*) vorgestellt.

---

<sup>31</sup> Weitere Informationen zum Winterpaket siehe DFBEW-Hintergrundpapier ([Link](#) zum Dokument).

<sup>32</sup> BMWi 2019, Förderdatenbank. Förderprogramme und Finanzhilfen des Bundes, der Länder und der EU, ([Link](#) zum Dokument).

<sup>33</sup> MTEs 2018, Portail des aides à l'économie circulaire, ([Link](#), auf Französisch).

<sup>34</sup> Institut Supérieur des Métiers 2019, aides-entreprises.fr, ([Link](#), auf Französisch).



|             | Deutschland   | Frankreich   |
|-------------|---|--|
| Bundesebene | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft</li> <li>- Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0</li> <li>- Marktanreizprogramm Wärme aus erneuerbaren Energien (MAP)</li> <li>- KfW-Energieeffizienzprogramm – Produktionsanlagen/-prozesse</li> <li>- IKU - Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung</li> <li>- Energieberatung im Mittelstand</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Wärmefonds (<i>Le Fonds Chaleur</i>)</li> <li>- Energieeinsparzertifikate (<i>Certificats d'économies d'énergie</i>)</li> <li>- Öko-Energie-Darlehen (<i>Prêt Eco-Energie</i>)</li> <li>- Projektausschreibung „Neue aufstrebende Technologien“ (<i>Appel à projets « Nouvelles Technologies Emergentes »</i>)</li> </ul> |
| Länderebene | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressourceneffizienzfinanzierung (Baden-Württemberg)</li> <li>- Energieeffizienz und Erneuerbare Energien in Unternehmen (Bayern)</li> <li>- Brandenburg – Kredit Energieeffizienz</li> <li>- Niedersachsen-Kredit Energieeffizienz Produktion</li> <li>- Progres.nrw – Programm für Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen (Nordrhein-Westfalen)</li> <li>- Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in gewerblichen Unternehmen (Rheinland-Pfalz)</li> <li>- Zukunftsfähige Energieinfrastruktur (Rheinland-Pfalz)</li> <li>- GREEN invest – Förderung von Energieeffizienzmaßnahmen (Thüringen)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieeffizienz von Prozessen (<i>Efficacité énergétique des procédés</i>) (Grand-Est)</li> <li>- Projektausschreibung „Wärmenetze“ (<i>Appel à projets énergie « réseaux de chaleur »</i>) (Auvergne-Rhône-Alpes)</li> </ul>  |
| EU          | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung  |  |

**Tabelle 1** – Auswahl verschiedener Förderprogramme zur industriellen Abwärmenutzung

Quelle: Förderdatenbank, Portail des aides à l'économie circulaire, Répertoire National des Aides aux Entreprises

## IV.2.1. Programmbeispiele in Deutschland

### Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft<sup>35</sup>

Das Förderprogramm ist seit Januar 2019 in Kraft. Es unterstützt Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland. Im Rahmen von vier verschiedenen Modulen werden dementsprechend eine Vielzahl von Technologien und Maßnahmen gefördert, die nicht nur auf die industrielle Abwärmenutzung beschränkt sind:

1. **Querschnittstechnologien**, z.B. die Dämmung von industriellen Anlagen bzw. Anlagenteilen und Anlagen zur Abwärmenutzung bzw. Wärmerückgewinnung aus Abwasser (Wärmeübertrager)
2. **Prozesswärmebereitstellung aus EE**, z.B. mit Abwärme betriebene Wärmepumpen
3. **Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Sensorik und Energiemanagement-Software**
4. **Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen**, z.B. Maßnahmen zur Abwärmenutzung (z.B. Einbindung der Abwärme zur Bereitstellung von Wärme, Einspeisung in Wärmenetze inkl. der Verbindungsleitungen, Maßnahmen zur Verstromung von Abwärme)

Das Förderprogramm richtet sich branchen- und größenunabhängig an alle Unternehmen, die solche Effizienzmaßnahmen in Deutschland umsetzen wollen. Die Förderung erfolgt entweder durch einen Kredit mit Tilgungszuschuss oder einen Investitionszuschuss.

<sup>35</sup> KfW Bankengruppe 2019, Merkblatt. Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft, ([Link](#) zum Dokument).  
BAFA 2019, Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft, ([Link](#) zum Dokument).



- Die Förderung in Form eines zinsgünstigen Kredits in Höhe von bis zu 25 Millionen Euro und einem Tilgungszuschuss erfolgt durch die KfW Bankengruppe. Dieser beträgt je nach Modul und Unternehmensgröße zwischen bis zu 30 % und 55 %. Das seit Januar 2019 gültige Förderprogramm löst die beiden KfW Energieeffizienzprogramme „Abwärme“ und „Abwärme – Investitionszuschuss“ ab.
- Im zweiten Fall erfolgt die Förderung durch das BMWi über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). In der Regel werden zwischen 30 % bis zu 55 % der förderfähigen Investitionskosten übernommen. Die maximale Förderung variiert je nach Modul zwischen 200.000 und 10 Mio. Euro.

#### **Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0<sup>36</sup>**

Das Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0 fördert seit Juli 2017 Vorhaben im Bereich der Wärmeinfrastruktur, die sich durch einen hohen Anteil EE, die effiziente Nutzung von Abwärme und ein deutlich niedrigeres Temperaturniveau im Vergleich zu klassischen Wärmenetzen hervorheben. Gefördert wird ein Gesamtsystem, das Wärmequellen, Wärmenetzleitungen, Wärmespeicher, Anpassung der Wärmesenken und die erforderliche Mess-, Regelungs- und Steuerungstechnik umfasst. Die Förderung richtet sich an Unternehmen, kommunale Betriebe und Zweckverbände sowie eingetragene Vereine und Genossenschaften, die ein solches Modellvorhaben in Deutschland planen. Die Fördermaßnahme ist in zwei Module unterteilt:

1. Zuschussförderung für vorbereitende Machbarkeitsstudien: Untersuchung der Umsetzbarkeit und der Wirtschaftlichkeit eines Konzepts
2. Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0 durch Neubau oder Transformation eines Wärmenetzes

Die Machbarkeitsstudie wird mit bis zu 60 % der förderfähigen Kosten bzw. maximal 600.000 Euro bezuschusst; die Realisierung des Wärmenetzes wird anschließend mit bis zu 50 % der Kosten bzw. in einer maximalen Höhe von 15 Mio. Euro gefördert.

#### **Energieberatung im Mittelstand<sup>37</sup>**

Die Energieberatung richtet sich an kleine und mittlere Unternehmen, mit dem Ziel durch eine qualifizierte Beratung Informationsdefizite abzubauen und Einsparpotenziale und Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz im Unternehmen zu identifizieren. Hierzu zählt unter anderem, dass in sinnvollen Fällen die Nutzung von Abwärme im Unternehmen untersucht wird und gegebenenfalls ein Nutzungskonzept erarbeitet wird. Durch das Förderprogramm sollen Energieeinsparungen von 10 bis 20 % pro beratenes Unternehmen erreicht werden.

Das BAFA bezuschusst die Beratung mit 80 % der förderfähigen Beratungskosten. Bei Unternehmen mit jährlichen Energiekosten über 10.000 Euro beträgt die Förderung maximal 6.000 Euro, bei Unternehmen mit geringeren Energiekosten 1.200 Euro.

### **IV.2.2. Programmbeispiele in Frankreich**

#### **Le Fonds Chaleur<sup>38</sup>**

Der *Fonds Chaleur* wurde bereits 2009 von der ADEME aufgesetzt. Hierüber werden Vorhaben gefördert, die dazu beitragen, die Produktion von erneuerbarer Wärme und Wärmerückgewinnung zu steigern sowie die mit diesen Anlagen verbundenen Wärmenetze. In Bezug auf industrielle Abwärme ist die Förderung einer Vielzahl von Maßnahmen und Technologien möglich:

---

<sup>36</sup> BMWi 2017, Förderbekanntmachung zu den Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0, ([Link](#) zum Dokument).

<sup>37</sup> BAFA, Energieberatung im Mittelstand, ([Link](#) zum Dokument).

<sup>38</sup> ADEME 2018, Le Fonds Chaleur en bref, ([Link](#), auf Französisch).



- Anlagen zur Wärmerückgewinnung und Weiterverwendung der Abwärme
- Wärmespeicher, Systeme zur Erhöhung des Temperaturniveaus (z.B. Wärmepumpen) und Abwärme betriebene Kälteerzeugungsanlagen
- Transport und Verteilung der Abwärme (Leitungen, Wärmetauscher, etc.) zur betriebsinternen oder externen Nutzung (Einspeisung in Fernwärmenetz, benachbarte Unternehmen)
- Neubau und Erweiterung von Wärmenetzen sowohl zur betriebsinternen als auch zur externen Nutzung

Die ADEME berät und fördert solche Vorhaben bei der Planung und der Gestaltung, unter anderem durch Bezuschussung von Machbarkeitsstudien, und unterstützt die Unternehmen zudem bei der Umsetzung. Die Förderung richtet sich an alle Unternehmen unabhängig von ihrer Größe und Branche. Die Höhe der Förderung hängt von der Größe des Unternehmens und den umgesetzten Maßnahmen ab. Für Machbarkeitsstudien variiert sie zwischen 50 bis 70 % der förderfähigen Kosten, für Investitionen zwischen 30 und 60 % der förderfähigen Kosten. Detaillierte Informationen zur Berechnung der Fördersätze können den Merkblättern entnommen werden.<sup>39</sup>

### Certificats d'économies d'énergie (CEE)<sup>40</sup>

Seit 2006 werden die Energieversorger verpflichtet Energieeinsparungen und Effizienzsteigerungen zu fördern.<sup>41</sup> Die Energieversorger können dafür Energieeinsparzertifikaten (*Certificats d'économies d'énergie*, CEE) erwerben, die standardisierte Energieeinsparmaßnahmen fördern. Für jede Energieeinsparmaßnahme existiert ein detailliertes Datenblatt, das den Sektor (z.B. Industrie, Landwirtschaft, Transport), die Erläuterung der Maßnahme, die Bedingungen für die Ausstellung der Zertifikate, die Laufzeit und die Formel zur Berechnung der Anzahl der erzielten Energieeinsparzertifikate aufführt.

Vier der Energieeinsparmaßnahmen können der industriellen Abwärmenutzung zugeordnet werden:

- **Brenner mit Wärmerückgewinnungsvorrichtung an einem Industrieofen** zur Nutzung der Abgasabwärme zur Vorwärmung der Verbrennungsluft<sup>42</sup>
- **Wärmerückgewinnungssystem an einem Kühlturm** zur betriebsinternen Nutzung<sup>43</sup>
- **Wärmerückgewinnungssystem an einem Luftkompressor** zur betriebsinternen Abwärmenutzung für die Raumheizung, die Trinkwassererwärmung oder in einem industriellen Prozess<sup>44</sup>
- **Wärmerückgewinnungssystem an einer Kälteerzeugungsanlage** zur Vor- oder Erwärmung von Wasser oder Luft vor Ort<sup>45</sup>

Im Rahmen von CEE werden lediglich umgesetzte Maßnahmen gefördert. Machbarkeitsstudien und die vorgelagerte Planungsphase erhalten keine Unterstützung.

---

<sup>39</sup> ADEME 2018, Fonds Chaleur 2018 : Récupération de chaleur fatale, ([Link](#), auf Französisch).

ADEME 2018, Fonds Chaleur 2018 – secteur réseaux de chaleur, ([Link](#), auf Französisch).

ADEME 2017, Cahier des charges. Etude de faisabilité récupération de chaleur fatale pour valorisation interne et/ou externe, ([Link](#), auf Französisch).

<sup>40</sup> MTES 2018, Dispositif des Certificats d'économies d'énergie, ([Link](#), auf Französisch).

<sup>41</sup> Der Hintergrund und die Funktionsweise des Handelssystems der Energieeinsparzertifikate werden in einem Hintergrundpapier des DFBEWs vorgestellt, siehe: DFBEW 2017, Hintergrundpapier zu Energieeinsparzertifikaten in Frankreich, ([Link](#) zum Dokument).

<sup>42</sup> MTES 2014, Brûleur avec dispositif de récupération de chaleur sur four industriel, ([Link](#), auf Französisch).

<sup>43</sup> MTES 2014, Système de récupération de chaleur sur une tour aéroréfrigérante, ([Link](#), auf Französisch).

<sup>44</sup> MTES 2014, Système de récupération de chaleur sur un compresseur d'air, ([Link](#), auf Französisch).

<sup>45</sup> MTES 2018, Système de récupération de chaleur sur un groupe de production de froid, ([Link](#), auf Französisch).