

**Whitepaper**

# **Abwärme in Unternehmen**

Beantwortung von Fragestellungen  
und Präsentation von Möglichkeiten  
zur effizienten Nutzung von Abwärme

# Inhaltsverzeichnis

<b>01 Einleitung</b>	2
1.1 Ausgangssituation	2
1.2 Zielsetzung	2
<b>02 Häufige Fragestellungen und Möglichkeiten für Unternehmen</b>	3
2.1 Bestand- / Analysephase	3
2.1.1 Welche Eigenschaften hat Abwärme?	3
2.1.2 Welche Arten von Abwärmequellen gibt es?	4
2.1.3 Wie können Abwärmequellen im Unternehmen untersucht werden?	5
2.1.4 Wie groß ist das Potenzial von Abwärmequellen?	6
2.2 Interne vs. externe Abwärmenutzung	7
2.2.1 Wie kann Abwärme technisch genutzt werden?	8
2.2.2 Wie kann Abwärme zur Wärmebereitstellung genutzt werden?	9
2.2.3 Wie kann industrielle Abwärme in Abhängigkeit der Temperatur genutzt werden?	13
2.3 Externe Auskopplung von industrieller Abwärme: Tipps für Unternehmen	15
2.3.1 Mein Unternehmen hat nur ungenutzte Abwärme auf Niedertemperaturniveau, der Abnehmer benötigt jedoch höhere Temperaturen – Wie kann die Abwärme trotzdem genutzt werden?	18
2.3.2 Inwieweit ist mein Unternehmen bei externer Auskopplung verpflichtet Abwärme zu liefern und wer ist bei einem Lieferausfall haftbar?	18
2.3.3 Was muss ich bei externer Nutzung von periodisch anfallender Abwärme beachten?	17
2.3.4 Mit welchen Erlösen für die Abwärme kann mein Unternehmen rechnen?	19
2.3.5 Wie kann ungenutzte Abwärme kosteneffizient in das Wärmenetz integriert werden?	19
<b>03 Fazit</b>	20
<b>04 Expertise IE2S</b>	21
<b>05 Unternehmen IE2S</b>	22
<b>06 Kontaktinformationen</b>	22
<b>07 Anhang</b>	23
7.1 Abbildungsverzeichnis	23
7.2 Tabellenverzeichnis	23
7.3 Literaturverzeichnis	23

# 01 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG), welches durch den Bundestag im Dezember 2023 beschlossen wurde, hat zum Ziel, die Wärmenetze zu dekarbonisieren. Spätestens im Jahr 2045 sollen diese treibhausgasneutral sein. Die leitungsgebundene Wärmeversorgung muss ab dem 01.01.2030 einen Anteil an der jährlichen Nettowärmeerzeugung in Wärmenetzen von mindestens 50 Prozent aus erneuerbaren Energien und/oder unvermeidbarer Abwärme bestehen.

Für die Analyse des Bestands, Potenzialermittlung und Planung der Wärmenetzgebiete, sprich einen Transformationsfahrplan für Wärmenetze, sind die Kommunen verpflichtet kommunale Wärmepläne (KWP) zu erstellen. In Abhängigkeit der Einwohnerzahl der Kommune sind diese bis spätestens zum 30.06.2026 (für Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern (EW) bzw. 30.06.2028 (für Kommunen mit bis zu 100.000 EW)) zu erstellen. Die lokalen Rahmenbedingungen beeinflussen den Transformationsfahrplan und die entsprechenden Maßnahmen erheblich. Im Allgemeinen wird allerdings angestrebt, mehr Nutzer in das Wärmenetz zu integrieren und die Wärmenetzgebiete je nach lokalem Potenzial zu verdichten, auszubauen oder neu zu errichten.

Hinsichtlich der Energiequellen ist neben den erneuerbaren Energien auch die Nutzung und die Integration von unvermeidbarer Abwärme ein Bestandteil der strategischen Ausrichtung.

Der Gesetzgeber definiert unvermeidbare Abwärme als „Wärme, die als unvermeidbares Nebenprodukt in einer Industrieanlage, einer Stromerzeugungsanlage oder im tertiären Sektor anfällt und ohne den Zugang zu einem Wärmenetz ungenutzt in die Luft oder in das Wasser abgeleitet werden würde; Abwärme gilt als unvermeidbar, soweit sie aus wirtschaftlichen, sicherheitstechnischen oder sonstigen Gründen im Produktionsprozess nicht nutzbar ist und nicht mit vertretbarem Aufwand verringert werden kann [...]“. [1]

Im Rahmen der KWP-Erstellung wird das Abwärmepotenzial der lokal ansässigen Unternehmen je Sektor erfasst, ermittelt und unter anderem nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien bewertet.

## 1.2 Zielsetzung

Neben der grundsätzlichen Potenzialermittlung ergeben sich für Unternehmen weitere Fragen und Themen rund um eine mögliche Integration der Abwärme in das Wärmenetz und allgemein zum Energiemanagement im Unternehmen. Dieses Whitepaper gibt Hilfestellung für den Transformationsprozess von Produktionsunternehmen in Bezug auf die Nutzung von Abwärme.

Das Whitepaper adressiert Geschäftsführer, Energiemanager und Nachhaltigkeitsbeauftragte und verfolgt die Ziele

1. der Schaffung eines ersten Überblicks hinsichtlich Chancen, Herausforderungen und Technologie im Kontext Abwärme
2. der Beantwortung zentraler Fragen und der Darstellung wesentlicher Maßnahmen zur zielgerichteten Gestaltung der Infrastruktur und Prozesse des Unternehmens unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte.

# 02 Häufige Fragestellungen und Möglichkeiten für Unternehmen

Abwärme gilt als eine wertvolle Ressource, deren Potenzial jedoch oft ungenutzt bleibt, trotz ihrer Fähigkeit, Energiekosten zu senken, die Umweltbelastung zu reduzieren und die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Die FAQ-Sektion basiert auf einer Befragung von IE2S mit Unternehmen und bietet einen umfassenden Überblick über die grundlegenden Fragen zur Abwärmenutzung und die verfügbaren Optionen. Im Anschluss werden zentrale Handlungsempfehlungen präsentiert, die Unternehmen dabei unterstützen sollen, Abwärme effektiv zu identifizieren, zu bewerten und zu nutzen.

## 2.1 Bestand- / Analysephase

In der Bestand- /Analysephase werden interne Prozesse sorgfältig geprüft, um potenzielle Abwärmequellen zu identifizieren und zu bewerten. Die effektive Nutzung von Abwärme beginnt mit einem gründlichen Verständnis der eigenen Betriebsabläufe und der Charakteristika der erzeugten Abwärme. Für einen fundierten Ansatz ist es wichtig, die Eigenschaften von Abwärme, die verschiedenen Arten von Abwärmequellen und die Methoden zur Untersuchung und Bewertung dieser Quellen zu kennen. Ziel ist es, Unternehmen zu befähigen, ihre Abwärmeressourcen optimal zu nutzen.

### 2.1.1 Welche Eigenschaften hat Abwärme?

Die Entstehung von Abwärme kann in verschiedenen Bereichen und Anlagen auftreten. In industriellen Produktionsanlagen ergeben sich viele Abwärmequellen durch Verbrennungsprozesse, Verdichter und Druckluftprozesse, durch Elektromotoren oder durch Kühl- und Abwassersysteme sowie durch raumlufttechnische Anlagen. Tabelle 1 zeigt die typischen Temperaturen je nach Entstehungsort von Abwärme (Abwärmequelle).

Temperatur	Entstehungsort	Nutzungsart (Auswahl)
20 – 40 °C	Raumlufttechnische Anlage	Vorwärmung Frischluft
40 – 90 °C	Prozessanlagen	Vorwärmung Frischluft, Rücklauftemperaturerhöhung; Heiz-/ Prozesswärmeerzeugung; Warmwasserversorgung; Prozesskühlung; Trocknungsprozesse; Einspeisung Nah-/Fernwärmenetz
	Trocknungsanlagen	Vorwärmung Frischluft; Rücklauftemperaturerhöhung; Heiz-/ Brauchwasserwärmung; Trocknungsprozesse; Einspeisung Nah-/Fernwärmenetz
	Druckluftherzeugungsanlagen	Rücklauftemperaturerhöhung; Prozesswärmeerzeugung; Heiz-/ Brauchwasserwärmung; Trocknungsprozesse; Einspeisung Nah-/Fernwärmenetz
	Kälteanlagen	Heiz-/ Prozesswärmeerzeugung; Strom-/Kälteerzeugung; Einspeisung Nah-/Fernwärmenetz
	Warmes Abwasser / Kühlsystem	Heiz-/ Prozesswärmeerzeugung; Strom-/Kälteerzeugung; Einspeisung Nah-/Fernwärmenetz
100 – 150 °C	Wasserdampf aus Dampferzeugungssystem	Erwärmung Frischwasser; Strom-/Kälteerzeugung; Einspeisung Fernwärmenetz
150 – 600 °C	Abgase aus Verbrennungs- und Wärmeprozess	Stromerzeugung; Prozesswärmeerzeugung; thermische Speicherung; Einspeisung Fernwärmenetz

Abbildung 1: Abwärmequellen und typische Temperaturniveaus

Die Abwärme, die während dieser Prozesse entsteht, wird häufig durch Konvektion oder Strahlung an die Umgebung abgegeben, ohne dass sie genutzt wird. Die Form der Abwärme kann vielfältig sein: Gasförmig in Form von heißen Rauchgasen, wasserförmige oder dampfförmige Abwärme bis hin zu heißen Oberflächen, die diffuse Wärme strahlen. Die Abwärme kann zeitlich gleichbleibend, periodisch, saisonal schwankend oder durch Defekte entstehen.

Abwärmeverluste sind unvermeidbar, aber durch effiziente Maßnahmen deutlich reduzierbar. Die Ursachen von Abwärmequellen sind beispielsweise schlechte Isolierungen von Leitungen und Dichtungen, überdimensionierte Prozesse, unzureichende Regelungen bzw. Betriebsweisen oder veraltete Anlagentechnik. Oftmals spielt auch eine Kombination verschiedener Faktoren eine Rolle, die die Effizienz der Anlagen beeinträchtigen und zu Wärmeverlusten führen.

## 2.1.2 Welche Arten von Abwärmequellen gibt es?

### Vermeidbare und unvermeidbare Abwärme

Nach dem zum 18.11.2023 in Kraft getretenen Gesetzes zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz - EnEFG) ist die in Unternehmen entstehende Abwärme unterteilt in technisch vermeidbare sowie technisch unvermeidbare Abwärme.

Technisch vermeidbare Abwärme ist der Teil der Abwärme, der durch ineffiziente Technik, Steuerung, Prozesse und Verfahren entsteht und dessen Entstehung durch Anwendung des Standes der Technik vermieden oder reduziert werden kann. Unternehmen sind verpflichtet diese Abwärme nach dem Stand der Technik zu vermeiden, soweit dies möglich und technisch, wirtschaftlich sowie betrieblich zumutbar ist.



Abbildung 2: Abwärme-Grundsatz des Energieeffizienzgesetzes

Technisch unvermeidbare Abwärme hingegen ist der Teil der Abwärme, der aufgrund thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten entsteht und nicht durch Anwendung des Standes der Technik, mit vertretbarem Aufwand, vermieden oder reduziert werden kann.

## 2.1.3 Wie können Abwärmequellen im Unternehmen untersucht werden?

Um Abwärme für das Unternehmen nutzbar zu machen, ist eine umfassende Analyse der Energieverbräuche und Prozesse unerlässlich. Abwärmenutzung wird oft als eine Maßnahme zur Steigerung der industriellen Energieeffizienz betrachtet. Jedoch sollte sie erst in Betracht gezogen werden, nachdem die Ursachen der Abwärmeentwicklung so weit wie möglich reduziert wurden.

Andernfalls könnte die Abwärmenutzung dazu führen, dass Ineffizienzen in den Prozessen verdeckt und Verluste verstetigt werden. Daher ist es entscheidend, vor einer vertieften Beschäftigung mit der Abwärmenutzung alle Energieverbräuche zu erfassen und zu charakterisieren. Dies ermöglicht es vermeidbare und nicht vermeidbare Abwärme zu definieren.

Typischerweise wird diese Aufgabe von einem speziell ausgebildeten Energiemanager innerhalb des Unternehmens übernommen. Diese Person ist verantwortlich für die Identifizierung, Analyse und Bewertung potenzieller Abwärmequellen, um geeignete Maßnahmen zur Nutzung oder Reduzierung dieser Energiequellen zu empfehlen. Allerdings kann es auch sinnvoll sein, externe Berater oder Ingenieurdienstleister einzustellen, um eine objektive und umfassende Analyse durchzuführen. Externe Experten können zusätzliches Fachwissen und Erfahrung einbringen, um sicherzustellen, dass keine potenziellen Energieeinsparungen übersehen werden.

Im Folgenden sind einige grundlegende Fragen zur Vermeidung und Verminderung aufgelistet:

<p><b>Betriebliche Sensibilisierung:</b> Können Mitarbeiter dazu ermutigt werden, aktiv an der Identifizierung und Umsetzung von Maßnahmen zur Abwärmereduzierung teilzunehmen?</p>	<p><b>Temperaturniveau:</b> Kann der Prozess auch bei niedrigeren Temperaturen gefahren werden?</p>	<p><b>Prozessoptimierung:</b> Können die Abläufe oder Parameter des Prozesses, wie z. B. Leerläufe und Aufheiz- oder Abkühlphasen, optimiert werden, um Abwärme zu reduzieren?</p>	<p><b>Wartung:</b> Wird die Anlage regelmäßig gewartet und lassen sich dadurch Wärmeverluste einsparen?</p>
<p><b>Überwachung und Datenanalyse:</b> Sind Datenanalysen möglich, um Muster oder Trends bei der Abwärmeerzeugung zu identifizieren und gezielt Maßnahmen zur Reduzierung zu ergreifen?</p>	<p><b>Isolation:</b> Kann eine bessere Wärmedämmung die Abwärmemengen reduzieren?</p>	<p><b>Rückgewinnungstechnologien:</b> Können Wärmerückgewinnungssysteme in bestehende Anlagen integriert werden, um die erzeugte Abwärme zu nutzen?</p>	<p><b>Alternative Anlagentechnik:</b> Lassen sich energieintensive Prozesse durch energieeffizientere Technologien oder Modifikation an der Anlage ersetzen?</p>

Nachdem die Fragen zur Vermeidung und Verminderung von Abwärme geklärt sind, kann die technisch unvermeidbare Abwärme nutzbar gemacht werden. Dafür muss diese identifiziert und den Eigenschaften von Abwärme zugeordnet werden. Weiteres dazu in Kapitel 2.2.

## 2.1.4 Wie groß ist das Potenzial von Abwärmequellen?

Aufgrund der begrenzten Anzahl an Untersuchungen und der Vielfalt an Abgrenzungen und Erhebungsmethoden sind umfassende Einschätzungen zu den gesamtindustriellen Potenzialen der Abwärmenutzung nur eingeschränkt möglich. Dennoch lassen sich anhand verschiedener Studien grob folgende Potenziale abschätzen:

- Die größten Abwärmemengen werden vor allem in den Branchen der Eisen-, Aluminium-, Holz-, Chemie- und Mineralstoffindustrie verzeichnet, insbesondere im Temperaturbereich zwischen 100 und 500 °C.
- Etwa die Hälfte der Abwärme (53 Prozent) entfällt auf einen Temperaturbereich über 60 °C bei einer Referenztemperatur von 0 °C.
- Die verfügbare Abwärme liegt vor allem in Form von Abgasen, insbesondere Verbrennungsabgasen (55 Prozent) und Warmwasser (42 Prozent) vor.

Die Möglichkeiten zur Verwertung von Abwärme unterscheiden sich deutlich zwischen Unternehmen verschiedener Industriebranchen. Dies wird speziell anhand des Temperaturniveaus des Wärmebedarfs einzelner Branchen deutlich.

Nur etwa die Hälfte der Unternehmen hat Kenntnis über ihre eigenen Abwärmepotenziale, wie eine Umfrage ergab.

Aus diesem Grund bietet die Plattform für Abwärme erstmals eine umfassende Übersicht über die Abwärmepotenziale in Deutschland. Ihr Ziel ist es, diese Abwärme nutzbar zu machen und damit die Energieeffizienz im Land weiter zu steigern. Dazu werden die Abwärmedaten von Unternehmen mit einem gesamten Energieverbrauch von mehr als 2,5 Gigawattstunden pro Jahr auf einer öffentlichen Plattform bereitgestellt und für Unternehmen vor Ort sichtbar gemacht.



**Link zur Plattform von  
Abwärme des Bundesamts für  
Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle  
Bundesstelle für Energieeffizienz  
BfEE - Plattform für Abwärme  
([bfee-online.de](https://bfee-online.de)).**

## 2.2 Interne vs. externe Abwärmenutzung

Interne und externe Abwärmenutzung stellen zwei grundlegende Strategien dar, um industrielle Abwärme effektiv zu nutzen und dadurch Ressourcen zu schonen sowie Kosten zu reduzieren.

Bei der internen Abwärmenutzung wird die erzeugte Wärme innerhalb desselben Unternehmens oder derselben Anlage wiederverwendet. Dies geschieht in der Regel durch die Implementierung von Wärmerückgewinnungssystemen, die die Abwärme aus industriellen Prozessen auffangen und an anderer Stelle wieder zurückführen.

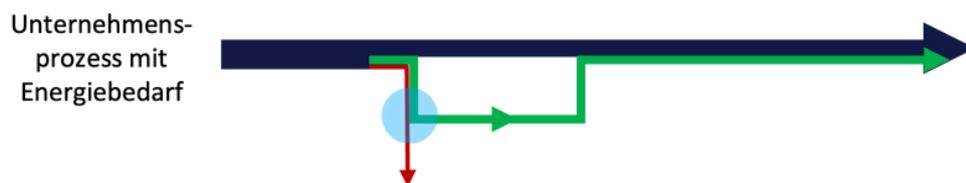
Die Abwärme kann auch intern für weitere diverse Zwecke genutzt werden, wie beispielsweise die Gebäudebeheizung, die Vorwärmung von Wasser oder die Unterstützung anderer Produktionsprozesse. Diese interne Nutzung bietet nicht nur eine Möglichkeit zur Kostenersparnis, sondern trägt auch zur Verbesserung der Umweltbilanz bei, indem der Energieverbrauch reduziert und die CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt werden. Andernfalls könnte die Abwärmenutzung dazu führen, dass Ineffizienzen in den Prozessen verdeckt und Verluste verstetigt werden.

Daher ist es entscheidend, vor einer vertieften Beschäftigung mit der Abwärmenutzung alle Energieverbräuche zu erfassen und zu charakterisieren. Dies ermöglicht es vermeidbare und nicht vermeidbare Abwärme zu definieren.

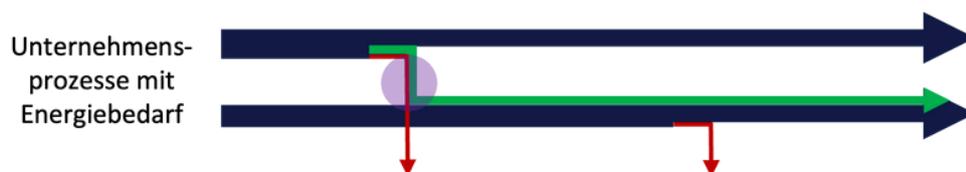
Im Gegensatz dazu bezieht sich die externe Abwärmenutzung darauf, dass die erzeugte Abwärme an externe Dritte weitergegeben wird, um sie dort zu nutzen. Dies kann entweder durch die Integration in ein bereits bestehendes Wärmenetzwerk erfolgen oder durch den direkten Verkauf der Abwärme an andere Unternehmen, die sie für ihre eigenen Zwecke verwenden können.

Externe Abwärmenutzung bietet die Möglichkeit, die Abwärme dort zu nutzen, wo sie benötigt wird, und trägt zur Stärkung regionaler Wärmenetze sowie zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen bei. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass die interne Nutzung der Abwärme stets Vorrang haben sollte bzw. die externe Nutzung erst in Betracht gezogen werden sollte, wenn sämtliche interne Potenziale zur Vermeidung und Verringerung der Abwärme ausgeschöpft sind (vgl. EnEfG, Kapitel 2.1.2). Die beiden Ansätze zur Nutzung von Abwärme sind in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

### Interne Nutzung von Abwärme



### Externe Nutzung von Abwärme



— Nutzbare Energie — Nicht nutzbare Abwärme — Rückgewonnene Abwärme

● Rückgewinnung von Abwärme ● Nutzung von Abwärme

Abbildung 3: Interne Abwärmenutzung (oben) und externe Abwärmenutzung (unten)

## 2.2.1 Wie kann Abwärme technisch genutzt werden?

Für die Nutzung von Abwärme stehen zahlreiche Möglichkeiten und Techniken zur Verfügung, welche in Abbildung 4 dargestellt sind. Abwärme kann durch Wärmeübertragung, Wärmespeicherung und Wärmepumpen effektiv genutzt werden, sowohl zur Wärmeversorgung als auch zur Erzeugung von Kälte oder elektrischer Energie.

Die Wertigkeit der Abwärme ist exergetisch bedingt und steigt mit ihrer Temperatur über die Umgebungstemperatur. Hochtemperaturwärme beispielsweise bei 500°C enthält rund 63 Prozent Exergie, während Niedertemperaturwärme bei 65°C nur etwa 15 Prozent Exergie aufweist. Wärme mit Umgebungstemperatur enthält keine Exergie und ist technisch nicht nutzbar.

Abwärme, die an ein Fluid gebunden ist, lässt sich gezielter nutzen als diffuse Abwärme, was ihre Effizienz steigert. Weitere Anforderungen an die Nutzbarkeit von Abwärme werden in Kapitel 2.3. erläutert.

Da sich Fertigungsverfahren in industriell-gewerblichen Branchen oft ähneln, können energieeffiziente Maßnahmen erfolgreich auf andere Unternehmen derselben Branche übertragen werden.

Entstehung von Abwärme im ...	Industrieprozess oder im Betrieb							
	für thermische Prozesse		zur Bereitstellung von Kälte			zur Bereitstellung von Strom		
... mittels Technologie ...	Wärmetauscher (direkte Nutzung)	Wärmespeicher (direkte Nutzung)	Wärmepumpe (indirekte Nutzung)	Adsorptions-kältemaschine	Thermo-mechanische Anlage	ORC-Turbine/Anlage	Kalina-Anlage	Dampfturbine
... im Temperaturniveau* von ...	niedrig - hoch	niedrig - hoch	niedrig - hoch	niedrig - mittel	niedrig - mittel	mittel	mittel - hoch	mittel - hoch
... über Verfahren / Effekte ...	Rekuperativ/Regenerativ	Therm./chem./elektrisch	Plank-Prozess	Adsorptionsprozess	Thermo-mechanischer Prozess	ORC / Rankine-Kreisprozess	Kalina-Zyklus	Rankine-Zyklus

\* Niedrig <=80°C; Mittel = 81-350°C; Hoch = >350°C

Abbildung 4: Technologien zur Abwärmennutzung



## 2.2.2 Wie kann Abwärme zur Wärmebereitstellung genutzt werden?

Zur Wärmebereitstellung wird Wärme durch Wärmetauscher übertragen, in Wärmespeichern gespeichert und mithilfe von Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gebracht.

### Wärmetauscher

Mit Hilfe von Wärmetauschern kann Wärme von einem Medium auf ein anderes übertragen werden, um Abwärme aus verschiedenen Stoffströmen zu nutzen. Die Wärmetauscher können Abwärme aus Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen übertragen. Es wird zwischen zwei Haupttypen von Wärmetauschern unterschieden: rekuperative und regenerative Wärmetauscher.

Rekuperative Wärmetauscher verwenden getrennte Räume für das wärmetragende Medium und das zu erwärmende Medium, wobei der Wärmeaustausch über feste Trennwände erfolgt. Sie ermöglichen eine Vielzahl von Medienkombinationen, wie z. B. Luft/Luft- (Abgas/Luft-) Wärmetauscher, oder Luft/Wasser- (Abgas / Wasser) Wärmetauscher. Typische Bauformen sind Plattenwärmetauscher, Rohrwärmetauscher, Spiralwärmetauscher oder Lamellenwärmetauscher.

Bei regenerativen Wärmetauschern wird die Abwärme kurzzeitig in einem festen oder flüssigen Medium gespeichert und dann über diese Oberfläche wieder abgegeben. Dadurch entstehen zusätzlich zum Wärmeaustausch auch geringfügige Vermischungen der Ströme sowie der Austausch von Feuchtigkeit. Typische Bauformen sind Rotationswärmetauscher, wie z. B. Luftvorwärmer.

Die verschiedenen Leistungsbereiche, Temperaturbereiche und Medienkombinationen je nach Art des Wärmetauschers sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Art des Wärmetauschers	Leistungsbereich	Temperaturbereich	Medien
Rohrbündel-WT	2kW bis 20 MW	bis 300 °C	flüssig/flüssig
Platten-WT	2kW bis 400 MW	bis 900 °C	flüssig/flüssig
Doppelrohr-WT	1kW bis 3,5 MW	bis 200 °C	flüssig/flüssig
Lamellen-WT	1kW bis 900 MW	bis 900 °C	gasförmig/flüssig
Rippenrohr-WT	5kW bis 1 MW je Rohr	bis 400 °C	gasförmig/flüssig
Wärmerohr-WT	3W bis 3 kW	bis 700 °C	gasförmig/gasförmig
Spiral-WT	20 bis 800 kW	-100 bis 450 °C	fl./fl. ; gasf./gasf.
Rotations-WT	bis 1,6 kW	bis 650 °C	gasförmig/gasförmig
Regenerative WT	bis 140 MW	bis 1300 °C	gasförmig/gasförmig

Tabelle 1: Einsatzbereiche von Wärmetauschern

## Wärmespeicher

Wärmespeicher spielen eine entscheidende Rolle bei der effizienten Nutzung von Energie, insbesondere bei einem Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage. Sie dienen dazu, überschüssige Energie zu speichern, um sie später zu nutzen, wenn die Nachfrage steigt und das Angebot sinkt. Dabei kommen verschiedene Methoden zur Speicherung von Abwärme zum Einsatz:

### Thermische Speicher

- Sensible Wärmespeicher, die Wärme durch Temperaturänderungen speichern.
- Latente Wärmespeicher, die Wärme durch Phasenänderungen eines Materials aufnehmen und abgeben.

### Chemische Speicher

- Thermochemische Speicher, die Wärme durch chemische Reaktionen speichern.
- Reversible Reaktionen zur Wärmespeicherung, bei denen Wärme durch umkehrbare chemische Reaktionen gespeichert und wieder freigesetzt wird.

### Elektrische Speicher

- Elektrothermische Speicher, die elektrische Energie in Form von Wärme speichern und bei Bedarf wieder abgeben.

Wärmespeichersysteme kommen in vielfältigen Formen und Größen vor. Im privaten Bereich werden isolierte Wasserspeicher verwendet, während in der Industrie oft große Warmwasserspeicher genutzt werden, die teilweise unter Druck stehen.

Große Warmwasserspeicher mit Volumina von 5.000 m<sup>3</sup> bis 50.000 m<sup>3</sup> werden von der Industrie für Prozesswärme und insbesondere in Fernwärmenetzen betrieben. Drucklose Speicher haben eine maximale Temperaturgrenze von 98 °C und können bis zu 45 kWh Nutzwärme pro m<sup>3</sup> speichern. Die Investitionskosten liegen zwischen 115 €/m<sup>3</sup> und 400 €/m<sup>3</sup>. Je größer der Speicher, desto geringer sind die Investitionskosten pro m<sup>3</sup>.

Druckbehaftete Wärmespeicher hingegen erreichen Temperaturen zwischen 120 °C und 130 °C und weisen eine um 30-40 Prozent höhere Wärmespeicherkapazität auf. Aufgrund ihrer aufwendigeren Bauweise und ihrer komplexeren Einbindung in das Fernwärmenetz sind Druckspeicher mit deutlich höheren Investitionskosten verbunden.



Die Abbildung 5 zeigt die Zunahme der Wärmespeicherung in leitungsgebundenen Wärmenetzen bis 2050. Zentrale Wärmespeicher in Wärmenetzen werden die dezentralen in Bezug auf die installierte Leistung bald überholen, was mit den geringeren Investitionskosten und dem Aufbau des Wärmenetzes begründet werden kann.

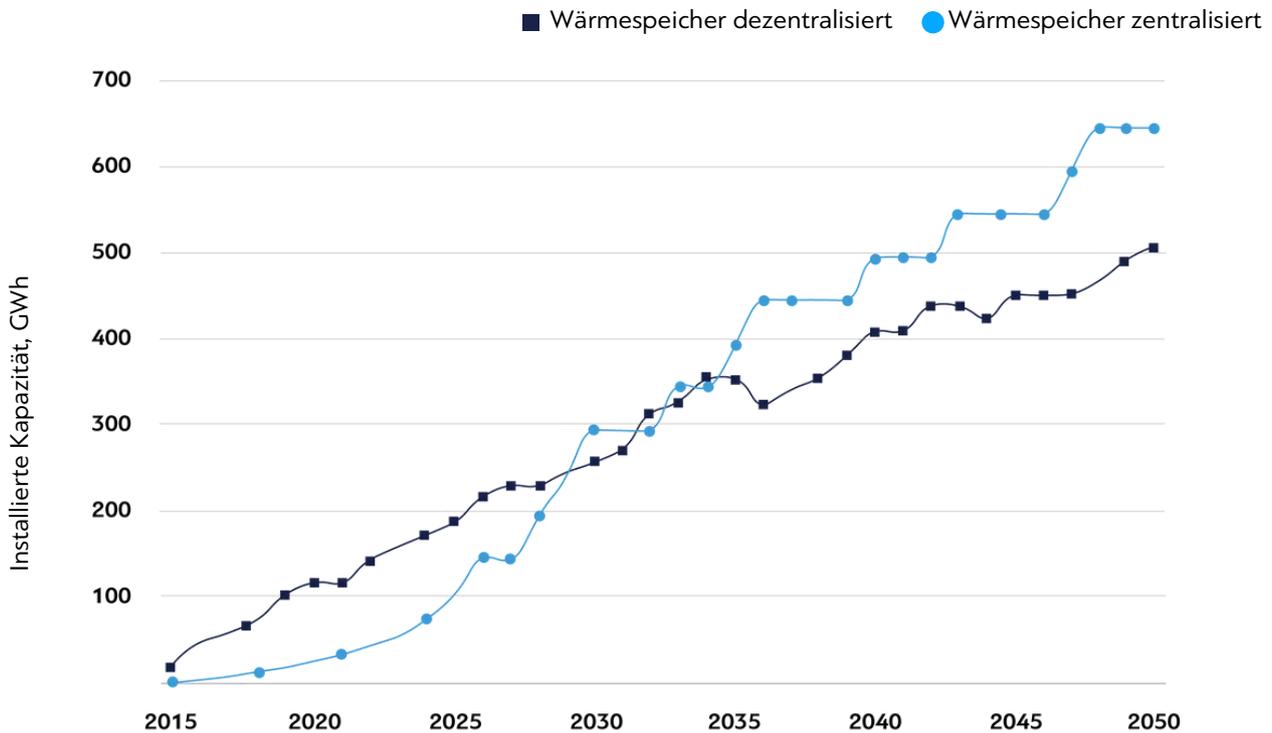


Abbildung 5: Entwicklung der installierten Leistung von dezentralen Wärmespeichern und zentralen Wärmespeichern, die an Wärmenetze gekoppelt sind (Henning/ Palzer, 2015)

Die bedarfsgerechte Bereitstellung von Wärme aus Wärmespeichern für Nutzer hängt von verschiedenen Faktoren ab:

**Speicherkapazität:** Die Menge an Wärme, die ein Speicher aufnehmen kann, bestimmt maßgeblich seine Ausspeicherdauer. Größere Speicher können typischerweise über längere Zeiträume hinweg Wärme speichern und abgeben.

**Isolation und Wärmeverluste:** Die Effizienz der Isolierung eines Speichers beeinflusst die Wärmeverluste während der Speicherung. Je besser die Isolierung, desto länger kann die Wärme im Speicher gehalten werden, ohne dass sie verloren geht.

**Temperaturniveau:** Das Temperaturniveau der gespeicherten Wärme kann die Ausspeicherdauer beeinflussen. Niedrigere Temperaturen erfordern oft größere Speicher, um die gleiche Menge an Wärme über einen bestimmten Zeitraum hinweg zu speichern.

**Nutzungsprofil:** Die Nachfrage nach Wärme variiert im Laufe des Tages und der Jahreszeiten. Ein Speichersystem muss in der Lage sein, die gespeicherte Wärme entsprechend dieser Nachfrageprofile abzugeben, um eine optimale Nutzung sicherzustellen.

**Lade- und Entladeleistung:** Die Geschwindigkeit, mit der ein Speicher Wärme aufnehmen und abgeben kann, beeinflusst ebenfalls seine Ausspeicherdauer. Schnell ladende und entladende Systeme können flexibler auf veränderte Nutzungsanforderungen reagieren.

Eine angemessene Dimensionierung und Auslegung des Speichersystems unter Berücksichtigung dieser Faktoren ist entscheidend, um eine bedarfsgerechte Bereitstellung zu gewährleisten und eine kontinuierliche Versorgung mit Wärme zu ermöglichen.

## Wärmepumpen

Die Anwendung von Wärmepumpen zur Nutzung von Abwärme bietet eine vielseitige Lösung für eine nachhaltige Energiegewinnung. Hier sind einige wichtige Kriterien zu beachten:

Wärmepumpen kommen besonders dann zum Einsatz, wenn die Temperatur des Abwärmestroms unterhalb des gewünschten Nutztemperaturniveaus liegt. Dies könnte beispielsweise bei der Nutzung von Kühlwasserströmen verschiedener Maschinen wie Verdichtern, Werkzeugmaschinen oder Kälteanlagen der Fall sein. Die gewonnene Wärme kann dann in verschiedenen Anwendungen genutzt werden, darunter Gebäudeheizungen, Lüftungsanlagen, Brauchwasserbereitungsanlagen sowie diverse Prozesswärmeanlagen im Gewerbe- und Industriebereich.



Auf der Seite der Nutzwärme ist das Temperaturniveau durch die Stabilität verfügbarer Kältemittel auf etwa 150 °C begrenzt. Es ist zu beachten, dass während es ein breites Marktangebot bis zu einer Temperatur von etwa 70 °C für Gebäudeheizungswärmepumpen gibt, der Bereich bis etwa 100 °C nur von wenigen Herstellern abgedeckt wird. Temperaturen darüber hinaus werden oft nur experimentell behandelt. Um hohe Leistungszahlen zu erzielen, ist es wichtig, die Temperaturdifferenz zwischen der Abwärmequelle und dem Nutzwärmeverbraucher möglichst gering zu halten. Eine einheitliche Aussage über eine wirtschaftlich vertretbare Temperaturdifferenz ist jedoch aufgrund der Vielzahl von Randparametern nicht möglich.

Ein weiteres wichtiges Kriterium für den Einsatz von Wärmepumpen kann darin liegen, dass die gleichzeitig anfallende Kälteleistung genutzt wird. Zum Beispiel könnte die Kälteleistung genutzt werden, um die Menge an bereitzustellendem Kühlwasser für Maschinen zu reduzieren.

Dies kann auch dazu beitragen, maximale Temperaturen bei der Abwassereinleitung in Kanalnetze und Gewässer einzuhalten. Durch die gleichzeitige Nutzung der Wärmepumpe als Kühlmaschine könnten zusätzliche Kühlvorrichtungen wie Kühltürme überflüssig werden, was zu Einsparungen bei Investitions- und Betriebskosten führen könnte.

## 2.2.3 Wie kann industrielle Abwärme in Abhängigkeit der Temperatur genutzt werden?

### 1 Vermeidung:

Die Vermeidung von Abwärme beginnt mit der Optimierung von Prozessen und Verfahren, um die entstehende Abwärmemenge zu verringern. Dies kann durch die Umstellung auf niedrigere Temperaturen, Anpassung von Arbeitsschritten oder Verbesserung konstruktiver Eigenschaften erfolgen. Eine weitere Maßnahme ist die ausreichende Dämmung von Anlagen, Rohren und Einbauteilen, um Wärmeverluste zu minimieren und somit Energiekosten zu senken.

### 2 Nutzung im Prozess:

Die Rückgewinnung von Abwärme aus einem Prozess ermöglicht ihre direkte Wiederverwendung innerhalb desselben Prozesses oder derselben Anlage. Sollte eine direkte Nutzung der Abwärme nicht möglich sein, ist es ratsam, die Abwärme auf einem möglichst hohen Temperaturniveau in anderen Prozessen einzusetzen.

### 3 Nutzung im Betrieb:

Wenn eine interne Nutzung in einem Prozess nicht möglich ist, sollte die Abwärme auf einem möglichst hohen Temperaturniveau in anderen Betriebsabläufen zu Heiz- oder Kühlzwecken genutzt werden. Gegebenenfalls ist es notwendig, die Wärme zwischenspeichern oder das Temperaturniveau durch den Einsatz von Wärmepumpen zu erhöhen.

### 4 Verstromung:

Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung von Abwärme besteht in der Erzeugung von elektrischer Energie. Dies kann mittels Dampfprozessen und ORC-Anlagen erfolgen, die teilweise bereits auf niedrigem Temperaturniveau effektiv arbeiten.

### 5 Außerbetriebliche Nutzung:

Die Abwärme, die innerhalb des Unternehmens nicht verwendet werden kann, kann durch den Aufbau zusätzlicher Infrastruktur an Dritte weitergegeben werden, beispielsweise benachbarte Unternehmen oder das bestehende Wärmenetz.



	VERMEIDUNG	NUTZUNG IM PROZESS	NUTZUNG IM BETRIEB	VERSTROMUNG	AUßERBETRIEBLICHE NUTZUNG
<b>ABWÄRME-SENKEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bis 2.000 °C - Prozessoptimierung</li> <li>bis 1.000 °C - Wärmedämmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>125 bis 600 °C - Brennluft und Speisewasser Vorwärmung</li> <li>125 bis 275 °C - Produktions- und Trocknungsprozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>40 bis 160°C - Heiz- und Kühlzwecke</li> <li>30 bis 75°C - Mit Wärmepumpe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>250 bis 540°C - Wasserdampf</li> <li>120 bis 400°C - ORC-Prozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>80 bis 150°C - Einspeisung in Wärmenetze oder andere Betriebe</li> </ul>
<b>ABWÄRME-QUELLEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ab 150 °C - Abgase aus Verbrennungs- und Wärmeprozessen, Verbrennungsgase von Wärmeerzeugnissen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ab 150 °C - Abgase aus Verbrennungs- und Wärmeprozessen, Trocknungsgase von Wärmeerzeugnissen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ab 150°C - Abgase aus Verbrennungs- und Wärmeprozessen, Verbrennungsgase von Wärmeerzeugern</li> <li>40 bis 100°C – Kältemaschinen, Kühlwässer etc.</li> <li>100 bis 160°C – Nachverdampfung in Dampferzeugungssystemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ab 150°C - Abgase aus Verbrennungs- und Wärmeprozessen, Verbrennungsgase von Wärmeerzeugern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ab 150°C - Abgase aus Verbrennungs- und Wärmeprozessen, Verbrennungsgase von Wärmeerzeugern</li> <li>40 bis 100°C – Kältemaschinen, Kühlwässer etc.</li> <li>100 bis 160°C – Nachverdampfung in Dampferzeugungssystemen</li> </ul>
<b>EINSPAR-POTENZIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etwa <b>10%</b> Prozessoptimierung</li> <li><b>80%</b> für Wärmedämmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bis zu <b>50%</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bis zu <b>95%</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bis zu <b>50-80%</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>n/a</li> </ul>

Abbildung 6: Nutzung von Abwärme und Temperaturniveaus





## 2.3 Externe Auskopplung von industrieller Abwärme: Tipps für Unternehmen

Die Nutzung industrieller Abwärme bietet vielfältige Möglichkeiten, um Energie effizienter zu nutzen und damit Kosten zu senken sowie die Umweltbelastung zu reduzieren. Neben der Anlagen- bzw. prozessinternen Nutzung sowie der betriebsinternen Nutzung ist die externe Nutzung eine Option, bei der die Abwärme außerhalb des Produktionsbetriebs in räumlicher Nähe oder durch Einspeisung in Wärmenetze verwendet wird. Insbesondere in energieintensiven Sektoren übersteigt die erzeugte Abwärme den eigenen Bedarf an Prozesswärme oder zur Beheizung der eigenen Gebäude. In diesen Fällen ist eine interne Nutzung nicht mehr möglich. Stattdessen kann die Weitergabe der überschüssigen Wärme an andere Unternehmen wirtschaftlich und technisch äußerst attraktiv sein.

### **Reduzierung des Anteils erneuerbarer Energien durch Abwärmennutzung!**

Gemäß dem aktuellen Wärmeplanungsgesetz sind für neue Wärmenetze 65 Prozent erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung vorgeschrieben. Diese Anforderung kann durch die Integration von Abwärme aus industriellen Anlagen erfüllt werden.

Allerdings sind damit auch Herausforderungen verbunden, wie der Bedarf an zusätzlicher Infrastruktur für den Wärmetransport und die Notwendigkeit, Angebots- und Abnahmeverträge zu regeln. Die folgende Checkliste in Tabelle 2 liefert einen Überblick über technische, wirtschaftliche und rechtliche Aspekte, die bei einer externen Auskopplung beachtet werden müssen.

Tabelle kann genutzt werden für eine erste Analyse im Unternehmen:

Kategorie	Themenfeld	Beschreibung	Empfehlung
<b>Technik</b>	Abwärmemenge und Temperaturniveau	Je höher die Abwärmemenge und Temperatur, desto effizienter ist die Verwertung. Bei Auskopplung in bestehende Wärmenetze, müssen vor Ort die Betriebsparameter eingehalten werden.	Prüfung der Betriebsparameter vor Ort.
	Nutzungsdauer und Bereitstellung von Abwärme	Planbare, gebündelte und zeitgleiche Abwärme ist einfacher zu nutzen. Wärmenetzbetreiber bevorzugen Abwärme im Winter.	1. Nutzungsdauer für Dimensionierung festlegen 2. Bündelung sowie Gleichzeitigkeit der Abwärme sicherstellen.
	Abwärmeströme	Korrosive Bestandteile oder Biofilme können Wärmetauscher und Anlagenteile beschädigen.	Zusammensetzung der Abwärmeströme prüfen.
	Abnehmer und Wärmeleitungen	Lange Leitungen bedeuten höhere Wärmeverluste und höhere Investitionskosten.	Abnehmer und Wärmeleitungen in räumliche Nähe bevorzugen.
	Vorsorge für Ausfälle	Durch Abwärmeverbunde können gegenseitige Abhängigkeiten geschaffen werden.	Reserveinfrastruktur für Ausfälle bereitstellen.
	Anforderungen und Planung	Wärmetauscher und Leitungen benötigen Platz sowie Personal zum Betrieb und zur Wartung.	Erforderlichen Bauraum und Kompetenzanforderungen beachten.
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	Investitionskosten	Lange Amortisationszeiten für externe Nutzung von > 10 Jahren sind üblich im Gegensatz zu 2-3 Jahren bei internen Maßnahmen.	Investitionskosten für externe Nutzung mit denen zur internen Nutzung vergleichen.

Kategorie	Themenfeld	Beschreibung	Empfehlung
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	Strukturen / Verantwortung	Hauptkostentreiber sind Wärmetauscher und Wärmenetzausbau.	Die Kosten und Verantwortlichkeiten individuell festlegen und ggf. auslagern.
	Finanzierung	Langfristige Investition kann gestreckt werden und ist bei stabilem Geschäftsumfeld attraktiv.	Finanzierungsmöglichkeiten prüfen und Anlagen als Teil von Gebäude- und Infrastrukturinvestitionen betrachten.
<b>Recht</b>	Wärmeliefervertrag	Wärmelieferung wird über Wärmelieferverträge geschlossen. Beispiele finden sich im Internet.	Geschäftsmäßige Wärmelieferung und Grundlagen für Wärmeliefervertrag klären.
	Betriebsübergreifende Verträge	Individuelle Vereinbarungen zwischen Unternehmen.	Betriebsübergreifende Verträge in Bezug auf Laufzeit, Grundnutzungsrechte, Lieferpflichten, Zutrittsrechte, Abnahmepflichten, Abrechnungen, Mahnung und übliche Vertragsklauseln klären.
	Planung und Genehmigung	Kommunikation mit den entsprechenden Akteuren der kommunalen Verwaltung.	Genehmigungsrecht, Raumplanung, Baugenehmigung, Umweltverträglichkeitsprüfung, Gewässer- und Bodenschutz, Leitungs- und Gestattungsrecht sowie Gestattungsentgelt beachten.
	Verpflichtungen	Verpflichtungen können individuell verhandelt werden.	Übereignungsanspruch, Vertragsverlängerung, Ausschreibungspflicht, Laufzeiten und Folgepflichten klären.
	Netze	Verträge werden mit Leitungsnetzbetreibern verhandelt.	Einleitung in bestehende Netze von Dritten prüfen und Gespräche mit dem Leitungsnetzbetreiber führen.

Tabelle 2: Checkliste für die Umsetzung von externen Abwärmenutzungsprojekten

Die Checkliste für die Umsetzung von externen Abwärmenutzungsprojekten bietet Unternehmen einen grundlegenden Leitfaden für die effektive Nutzung ihrer unvermeidbaren Abwärme. Insbesondere im Bereich der Technik ist es wichtig, dass Unternehmen zunächst ihre eigenen Abwärmemengen verstehen und optimieren, bevor sie sich für eine externe Nutzung entscheiden. Dieser Ansatz ermöglicht eine fundierte Planung und eine effiziente Auskopplung der Abwärme.

Die Wirtschaftlichkeit solcher Projekte erfordert eine langfristige Betrachtung, da sie mit hohen Investitionen und langen Amortisationszeiten verbunden sind. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, klare langfristige Aussagen zu treffen und die potenziellen finanziellen Auswirkungen gründlich zu analysieren. In rechtlicher Hinsicht müssen Unternehmen verschiedene Aspekte individuell klären, insbesondere im Hinblick auf die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen und Wärmenetzbetreibern. Eine sorgfältige Planung und Abstimmung sind unerlässlich, um rechtliche Anforderungen zu erfüllen und die Zusammenarbeit effektiv zu gestalten.

### **2.3.1 Mein Unternehmen hat nur ungenutzte Abwärme auf Niedertemperaturniveau, der Abnehmer benötigt jedoch höhere Temperaturen – Wie kann die Abwärme trotzdem genutzt werden?**

Je nach geforderter Temperatur kann die Abwärme beispielsweise durch Wärmepumpen auf ein höheres Niveau angehoben werden. Bei betriebsübergreifender Nutzung kann individuell verhandelt werden, ob das eigene Unternehmen oder der Abnehmer die Aufbereitung der Wärme übernimmt. Bei der Einspeisung in bestehende Wärmenetze muss in der Regel eine Aufbereitung vor Ort auf Betriebsparameter von bis zu 135 °C und Drücken von bis zu 16 bar erfolgen.

### **2.3.2 Inwieweit ist mein Unternehmen bei externer Auskopplung verpflichtet Abwärme zu liefern und wer ist bei einem Lieferausfall haftbar?**

Bei externer Auskopplung werden vertraglich individuelle Liefergarantien und Haftungen festgehalten. Liefergarantien oder Mindestabnahmemengen können festgelegt werden, um das Investitionsrisiko zu senken. Allerdings können die Verträge auch Ausnahmen bei Wartung und Defekten enthalten. Je länger das Unternehmen verbindliche Zusagen über die Lieferung der Abwärme liefern kann, desto höher ist die Attraktivität des Projekts. Aus diesem Grund betragen übliche Vertragslaufzeiten mindestens 10 Jahre.

### **2.3.3 Was muss ich bei externer Nutzung von periodisch anfallender Abwärme beachten?**

Zunächst sollte die Verfügbarkeit einer ausreichenden periodischen Abwärmemenge geprüft werden, da eine längere Betriebsdauer im Jahresverlauf die Amortisationszeit begünstigt. Anschließend sollte eine zeitgleiche Verfügbarkeit der Abwärme durch den Einsatz von Wärmespeichern oder Reservekapazitäten gewährleistet werden. Bei längeren Betriebszyklen der Wärmequelle muss der Speicher entsprechend größer dimensioniert werden. Zusätzlich sollte bei der Auswahl der Anlagentechnik für die periodische Abwärmenutzung die Auswirkung thermischer Wechselbeanspruchung auf die Alterung der Anlagen berücksichtigt werden.

### 2.3.4 Mit welchen Erlösen für die Abwärme kann mein Unternehmen rechnen?

Die Abwärmeerlöse werden bei betriebsübergreifender Nutzung individuell verhandelt. Bei der Einspeisung in bestehende Wärmenetze sind die Erlöse meist wesentlich geringer als die fossilen Gesteungskosten. Für die Kalkulation ist ein Gespräch mit dem Wärmenetzbetreiber vor Ort erforderlich.

### 2.3.5 Wie kann ungenutzte Abwärme kosteneffizient in das Wärmenetz integriert werden?

Um die kosteneffiziente Integration von Abwärme in das Wärmenetz zu bewerten, müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, die die Kosten für Planung, Installation und Betrieb in Relation zu den zu erwartenden Erlösen setzen.

Dies sollte bereits in der Modellierung berücksichtigt und ökonomisch bewertet werden, um die Rentabilität/Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen zu überprüfen und sicherzustellen, dass die Investitionskosten kosteneffizient sind.

Durch diese Vorgehensweise kann beurteilt werden, wie die Abwärme kosteneffizient in das vorhandene Wärmenetz integriert werden kann, um sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile für das Unternehmen zu erzielen.



#### Dabei spielen folgende Einflussgrößen eine entscheidende Rolle:

- Die technische Lebensdauer der Abwärmenutzungstechnik.
- Die Dauer, in der die Abwärmequelle verfügbar ist.
- Die Planungskosten.
- Die Investitionen in die Abwärmenutzungstechnik.
- Die Kapitalkosten, abhängig vom jährlichen Zinssatz und der Abschreibungszeit.
- Die Wartungs- und Betriebskosten der Abwärmenutzungsanlagen.
- Einsparungen durch Fördermittel bei Investitionen und laufenden Kosten.
- Einsparungen bei den Investitionskosten durch eine Verringerung der benötigten Wärmeleistung.
- Energiekosteneinsparungen durch die Nutzung von Brennstoffen, selbst erzeugter elektrischer Energie oder Kälte.
- Betriebskosteneinsparungen durch die Rückführung genutzter Abwärme in den Prozess.
- Erlöse aus dem Verkauf von elektrischer Energie, Wärme oder Kälte.

Eine sinnvolle Methode zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist die Berechnung anhand der Kapitalrückflusszeit, wobei oft eine Berechnung mithilfe von Annuitätsfaktoren für eine Ersteinschätzung ausreicht.

## 03 Fazit

Ein erfolgreiches Abwärmenutzungsprojekt erfordert ein gründliches Verständnis der internen Prozesse sowie der Anforderungen potenzieller Abnehmer oder Wärmenetzbetreiber. Es ist unerlässlich, alle Abwärmequellen und Senken im Unternehmen zu erfassen, um eine umfassende Analyse durchzuführen. Dabei können externe Experten beauftragt werden, die die verschiedenen Arten von Abwärme erfassen und charakterisieren.

Die Einführung der Abwärmeplattform im Rahmen des Energieeffizienzgesetzes stellt einen wichtigen ersten Schritt dar, um industrielle Abwärme bundesweit zu erfassen und die Möglichkeit zur Schaffung von Abwärmeverbänden zu verbessern.

Die weitere Nutzung der Abwärme kann intern oder extern erfolgen und dient zur Bereitstellung von Wärme, Strom und Kälte, abhängig von der Abwärmtemperatur. Die interne Nutzung sollte jedoch bevorzugt werden, bevor eine externe Auskopplung erfolgt.

Bei der externen Auskopplung erfordert die Nutzung industrieller Abwärme einen erheblichen Aufwand, insbesondere in Bezug auf Verhandlungen mit Wärmenetzbetreibern und anderen Unternehmen und die Berücksichtigung verschiedener Szenarien und Eventualitäten, da meist zunächst hohe Investitionskosten zu tätigen sind.

Die Wärmenetzbetreiber sind allerdings durch das Wärmeplanungsgesetz dazu verpflichtet, in Zukunft mindestens 50 bzw. 65 Prozent erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme in ihre Netze einzuspeisen. Dies verdeutlicht die Wesentlichkeit der Analyse und Gestaltung der Abwärmenutzung und entsprechendes Transformationskonzeptes, welches auf die individuellen Unternehmensbedingungen und -prozesse optimal angepasst ist.

## 04 Expertise IE2S

Die Energiewende wird tiefgreifende Auswirkungen auf das heutige Energiesystem und die Betriebs- und Geschäftsmodelle industrieller Akteure haben. Wir unterstützen Kunden mit einem Mix aus Energie-, Management- und Technologieexpertise dabei, die Herausforderungen von Heute als Chancen für Morgen zu nutzen.



Abbildung 7: Expertise IE2S im Überblick

### KWP<sup>4</sup>- Verbund im Bereich kommunale Wärmeplanung (KWP)

IE2S ist Teil des KWP<sup>4</sup>-Verbundes erfahrener Experten aus den Bereichen Strom, Wärme, Gas und Öffentlichkeitsarbeit. Ziel des KWP<sup>4</sup>-Verbundes ist es, Kompetenzen im Bereich der kommunalen Wärmeplanung zu bündeln und Leistungen vom Wärmekonzept mit Bestands- und Potenzialanalyse über die Entwicklung des Wärmeplans und Machbarkeitsstudien bis hin zur Realisierungsunterstützung einschließlich begleitender Bürgerbeteiligung und Akzeptanzkommunikation für den öffentlichen Sektor anzubieten.



Weitere Informationen über den KWP<sup>4</sup>-Verbund sind auf folgender Website zu finden: [www.kwp4.com](http://www.kwp4.com)

## 05 Unternehmen IE2S

Intelligent Energy System Services GmbH (IE2S), als Fach- und Technologieberatung, unterstützt Kunden bei strategischen und technischen Herausforderungen der Energie- und Mobilitätswende.

Für unsere Kunden werden Mehrwerte geschaffen durch die effiziente Durchführung von Projekten der physischen und digitalen Energieinfrastruktur im Stromnetz und an Unternehmensstandorten sowie durch die Beratung zu energiewirtschaftlichen und regulatorischen Aspekten in der Service- und Produktentwicklung.

Der Anspruch ist die Entwicklung von Langzeitlösungen. Mit Expertise und Exzellenz unserer rund 70 Expertinnen und Experten wird die Energie- und Mobilitätswende auf den Weg gebracht zur Schaffung einer besseren Zukunft für heutige und kommende Generationen.

In mehr als 300 Projekten haben sich neue Perspektiven für unsere Kunden eröffnet.



**70+**

EXPERTEN



**300+**

PROJEKTE



**12+**

JAHRESUMSATZ MEUR



**6+**

JAHRE AM MARKT

## 06 Kontaktinformationen

Bitte wenden Sie sich bei allen Fragen zu diesem Projekt an folgende Ansprechpartner.

**Fachlich**  
**Position**  
**Telefon**  
**Email**

Dr. Dominique Groß  
Geschäftsführer  
+49 152 55219727  
dominique.gross@ie2s.com



**Kaufmännisch**  
**Position**  
**Telefon**  
**Email**

Heiko Hofele  
Geschäftsführer  
+49 152 55219710  
heiko.hofele@ie2s.com



# 07 Anhang

## 7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Abwärmequellen und typische Temperaturniveaus	3
Abbildung 2 - Abwärme-Grundsatz des Energieeffizienzgesetzes	4
Abbildung 3 - Interne Abwärmenutzung und externe Abwärmenutzung	7
Abbildung 4 - Technologien zur Abwärmenutzung	8
Abbildung 5 - Entwicklung der installierten Leistung von zentralen und dezentralen Wärmespeichern	11
Abbildung 6 - Nutzung von Abwärme und Temperaturniveaus	14
Abbildung 7 - Expertise IE2S im Überblick	21

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Einsatzbereiche von Wärmetauschern	9
Tabelle 2 - Checkliste für die Umsetzung von externen Abwärmenutzungsprojekten	16

## 7.3 Literaturverzeichnis

- [1] Der Bundestag, Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze, Bonn, Deutschland, 2023.
- [2] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen., 10115 Berlin: BBS Werbeagentur GmbH, 2015.
- [3] M. Dehli, Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe, Springer Vieweg, 2020.
- [4] Bundesministerium der Justiz, Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz - EnEfG), Bundesministerium der Justiz, 2023.
- [5] Fraunhofer ISI, Industrielle Abwärmenutzung, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, 2013.
- [6] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle,“ [Online]. Available: [https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform\\_fuer\\_Abwaerme/plattform\\_fuer\\_abwaerme\\_node.html](https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html). [Zugriff am 23 Juli 2024].
- [7] M. Pehnt, Energieeffizienz - Ein Lehr- und Handbuch, Springer, 2010.
- [8] H-M. Henning und A. Palzer, Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050, Fraunhofer ISE, 05. November 2015.
- [9] K. Endrullat, P. Epinatjeff, D. Petzold und H. Protz, Wärmetechnik - Aktive Systeme zur Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1987.
- [10] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „Nutzung industrieller Abwärme,“ [Online]. Available: [https://www.co2-leuchttuerme-industrie.de/fileadmin/Leuchttuerme\\_CO2\\_Reduktion/Dokumente/Plakat-Abwaermenutzung\\_Ausschnitt.pdf](https://www.co2-leuchttuerme-industrie.de/fileadmin/Leuchttuerme_CO2_Reduktion/Dokumente/Plakat-Abwaermenutzung_Ausschnitt.pdf). [Zugriff am 23 Juli 2024].
- [11] DIHK Service GmbH, Abwärmenutzung in Unternehmen, Servicestelle der Mittelstandsinitiative - Energiewende und Klimaschutz (MIE).



**Web:** [www.ie2s.com](http://www.ie2s.com)

**Herausgeber:**

IE2S – Intelligent Energy System Services GmbH

Alle Rechte vorbehalten. Copyright 2024 von IE2S – Intelligent Energy System Services GmbH.

Die Inhalte dieses Whitepapers sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Verbreitung und öffentlichen Wiedergabe, liegen bei der IE2S. Die Verwendung von Teilen oder des gesamten Inhalts dieses Dokuments ist ohne die ausdrückliche Zustimmung der IE2S nicht gestattet.