

# ABWÄRMEVERMEIDUNG UND -NUTZUNG

## INTERVIEW MIT DER KFW ZU DEM VOM BMWI GEFÖRDERTEN ENERGIEEFFIZIENZPROGRAMMEN ZUR ABWÄRMENUTZUNG

**B**ei vielen Prozessen in Gewerbe und Industrie entstehen Wärmeverluste. Diese werden allgemein als Abwärme bezeichnet und kommen bei fast jedem thermischen oder mechanischen Prozess vor. Speziell die industrielle Abwärme birgt herausragende Energieeffizienzpotenziale für Unternehmen, da ein hoher Anteil als ungenutzte Abwärme verloren geht. Abwärmequellen sind beispielsweise Produktionsanlagen und Motoren, Prozesswärme und Abwässer, aber auch Druckluft-, Kühl- und Klimaanlage. Gleichzeitig wendet die deutsche Industrie jährlich 1.670 Petajoule bzw. 460 Terawattstunden Energie auf, um Wärme für benötigte Produktions- und Verarbeitungsprozesse zu erzeugen.

Durch ein vom BMWi unterstütztes Förderprogramm der KfW sollen unvermeidbare Abwärmemengen wirtschaftlich sinnvoll direkt oder indirekt zunächst in Wärme benötigende Prozesse integriert werden. Typische Abwärmesenken in Industrie- und Gewerbebetrieben, für die Wärme benötigt wird und in denen Abwärme genutzt werden kann, sind z.B. Anlagen zur Raumheizung und Warmwassererzeugung oder zur Prozesswärmeerzeugung. Aber auch außerhalb des Betriebs bestehen Nutzungsmöglichkeiten – wie die Einspeisung in Nah- und Fernwärmenetze oder die Versorgung eines benachbarten Betriebs. Darüber hinaus kann überschüssige Abwärme auch in andere Nutzenergieformen, wie Kälte oder Strom, umgewandelt werden. Es bieten sich also zahlreiche Abwärmennutzungstechnologien an und die Effizienz der Prozesse kann deutlich gesteigert werden.

DGS-Experte Gunnar Böttger hat für die Sonnenenergie mit der Senior Produktmanagerin, Frau Luise Thomas, von der KfW Bankengruppe ein Interview geführt, um dieses sehr sinnvolle Förderprogramm vorzustellen.

**SONNENENERGIE:** Welche Überlegungen führten dazu, neben den anderen KfW Förderprogrammen zur effizienteren

*Nutzung von Energie, das Programm zur Förderung von Abwärmevermeidung (294, 494) zu entwickeln?*

**Thomas:** Im industriellen Sektor werden rund zwei Drittel des Energieverbrauchs für Prozesswärme verbraucht. Ein erheblicher Teil diese Energie fällt in Form von Abwärme an. Im Rahmen der „Offensive Abwärmennutzung“ des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz der Bundesregierung hat die KfW daher gemeinsam mit dem BMWi ein spezielles Anreizprogramm entwickelt. Hierfür werden bis 2019 erhebliche Haushaltsmittel zur Verfügung gestellt.

**SONNENENERGIE:** Welches ist das primäre Ziel des Förderprogramms?

**Thomas:** Ziel ist es, durch Prozessoptimierungen die erheblichen Energieeinsparpotenziale zu heben, die in der vielfach wirtschaftlichen Nutzung der Abwärme liegen. Dies können z.B. Maßnahmen zur Rückführung von Abwärme in den Produktionsprozess oder auch zur außerbetrieblichen Nutzung oder Verstromung von Abwärme sein.

**SONNENENERGIE:** Welches sind die Zielgruppen dieses Programms?

**Thomas:** Das Programm richtet sich grundsätzlich an alle Unternehmen im gewerblichen Bereich, wobei wir keine Größenbeschränkungen haben. Für kleine und mittlere Unternehmen gibt es noch eine besondere Förderung in Form eines höheren Zuschusses. Daneben sind aber auch Unternehmen mit kommunalem Gesellschafterhintergrund antragsberechtigt.

**SONNENENERGIE:** Wie wird das Programm angenommen?

**Thomas:** Das Programm erfreut sich einer sehr regen Nachfrage, wir sind gemeinsam mit unserem Auftraggeber, dem BMWi, sehr zufrieden mit der Entwicklung. Zusätzlich hat dabei auch das neue Förderangebot des direkten Zuschusses noch weitere Unternehmen angesprochen, nämlich die, die aktuell keinen Finanzierungsbedarf haben.

**SONNENENERGIE:** Welche Branchen nutzen es vorwiegend?

**Thomas:** Das Programm wird über alle Branchen hinweg genutzt: wir haben beispielsweise Projekte von Energieversorgern, aus dem Gastgewerbe, dem Handel und natürlich dem verarbeitenden Gewerbe. Hier stechen insbesondere die Bäckereien hervor, für die sich durch den hohen Energieverbrauch der Backöfen häufig Investitionen in die Abwärmevermeidung bzw. -nutzung, z.B. zu Heizzwecken des Geschäftsgebäudes, rentieren.

**SONNENENERGIE:** Welche Technologien werden am meisten beantragt?

**Thomas:** Da wir eine technologieoffene Förderung anbieten, können wir hier keine speziellen Technologien benennen. Als häufigste Verwendungszwecke sind jedoch die Umstellung von Produktionsprozessen zur Vermeidung von Abwärme sowie die Rückführung von Abwärme in den Produktionsprozess zu nennen.

**SONNENENERGIE:** Sie sagen technologieoffen, was bedeutet dies genau?

**Thomas:** Wir geben keine Technologie vor, die zum Einsatz kommen muss. Die meisten dieser Projekte bestehen aus vielen konkreten Einzelmaßnahmen, die in dem jeweiligen Produktionsprozess umgesetzt werden müssen, um ein umfassendes Konzept zur Abwärmevermeidung oder -nutzung zu erarbeiten.

**SONNENENERGIE:** Was gibt es bei der Antragsstellung zu beachten?

**Thomas:** Grundvoraussetzung in beiden Fördervarianten ist, dass ein Sachverständiger vorab ein Abwärmekonzept erstellt. Zugelassen dafür sind Experten aus der Energieeffizienz-Expertenliste für Förderprogramme des Bundes, die für die Kategorie „Energieberatung im Mittelstand“ freigeschaltet sind. Darüber hinaus sollte der Experte bereits über abwärmespezifisches Know-How verfügen, also schon Energieberatungsberichte mit substanzialen Vorschlägen im Handlungsfeld Abwärme oder Abwärmekon-

zepte für Unternehmen erstellt oder Abwärmearbeiten geplant haben.

Übriges: Sofern das Unternehmen über ein zertifiziertes Energiemanagementsystem verfügt, kann das Konzept auch unternehmensintern erstellt werden.

**SONNENENERGIE:** *Gibt es Unterschiede zwischen der Kreditvariante und der Zuschussvariante?*

**Thomas:** Die Höhe des Zuschusses ist in beiden Fällen gleich. Auch die Verwendungszwecke bzw. die förderfähigen Investitionen sind in beiden Programmen identisch. Vom Prinzip her unterscheiden sich die beiden Varianten nur im Antragsverfahren. Während bei der Kreditvariante mit Tilgungszuschuss der Antrag über die Hausbank bei der KfW eingereicht werden muss, kann der Zuschuss aus dem Programm 494 direkt bei der KfW beantragt werden.

**SONNENENERGIE:** *Welche Punkte gibt es bei Erstellung des Abwärmekonzepts zu beachten?*

**Thomas:** Das Konzept muss im Wesentlichen drei Teile umfassen: Erstens eine Ist-Analyse als fundierter Überblick über die derzeitige Situation der Anlagentechnik. Zweites: die konkret geplanten Maßnahmen sollten beschrieben und anhand der sogenannten Abwärmekaskade abgeprüft werden. Drittens dürfen natürlich Angaben zu den förderfähigen Kosten der Maßnahme nicht fehlen. Einen Musterbericht sowie ergänzende Unterlagen finden Sie im Internet unter [www.kfw.de/294](http://www.kfw.de/294). Die Kosten für die Erstellung des Abwärmekonzepts sind übrigens auch im Rahmen des Programms förderfähig.

**SONNENENERGIE:** *Was ist unter der Abwärmekaskade zu verstehen?*

**Thomas:** Um die optimale Ausschöpfung der anfallenden Energie zu prüfen, empfehlen Experten ein Vorgehen in Prüfschritten bzw. in Form einer Abwärmekaskade (siehe Kasten)

**SONNENENERGIE:** *Was gibt es zu beachten, wenn die beantragten Maßnahmen zur Abwärmevermeidung und -nutzung umgesetzt wurden?*

**Thomas:** Nach Umsetzung der Maßnahme bestätigen der Sachverständige und der Unternehmer den bestimmungsgemäßen Einsatz der Mittel. Die KfW prüft die „Bestätigung nach Durchführung“ und zahlt den Zuschuss aus: in der Direktvariante unmittelbar an das Unternehmen, beim Tilgungszuschuss wird der Betrag auf die letzten fälligen Kreditraten angerechnet. Zu beachten ist, dass die in der Zusage genannten Fristen und Verwendungszwecke einzuhalten sind. Von

daher ist es wichtig, die KfW frühzeitig über Verzögerungen oder Änderungen im Projektablauf zu informieren.

**SONNENENERGIE:** *Wie lange läuft dieses sehr interessante und gute Förderprogramm noch und sind Neuerungen geplant?*

**Thomas:** Das Förderprogramm ist bis zum 31.12.2019 befristet. Die Förderung in Form von Investitionszuschüssen ist allerdings nur für Anträge möglich, die bis zum 31.12.2018 gestellt werden. Über Neuerungen würden wir dann rechtzeitig informieren!

**SONNENENERGIE:** *Nennen Sie doch abschließend noch ein Best Practice Beispiel, wie das Programm genutzt werden kann:*

**Thomas:** Das Bäckerhandwerk zählt zu den energieintensivsten Handwerken. Der größte Teil der Energie wird dabei auf das Betreiben der Öfen zum Backen der Backwaren benötigt.

In unserem Beispiel erfolgt bei vier neu aufgestellten Backöfen die Wärmenutzung durch die Montage von Flächenwärmetauschern, die in die Backkammerwände integriert sind. Eine Abwärmennutzung ist durch die Leitung der Rauchgase und Backschwaden von den Backöfen über Rauchgaswärmetauscher und Schwadenkondensatoren gegeben. Hierbei soll die erzeugte thermische Energie zur Erwärmung von Trinkwasser von 10° auf 60° über zwei Frischwassermodule geschaltet werden. Hiermit kann der Warmwasserbedarf der Bäckerei für die Reinigungsanlagen aber auch für die Heizungsanlage genutzt werden. Geplant sind Einsparungen von mehr als 40% des Energieverbrauchs für Warmwasser und Heizung. Die Kosten der Investition beliefen sich auf ca. 100 TEUR.

Vielen Dank Frau Thomas für das umfangreiche Interview. Sie haben unseren Lesern ein sehr gutes Förderprogramm nähergebracht, welches über die klassische eins zu eins Förderung wie z.B. ein Austausch der Beleuchtung weit hinausgeht. Wir hoffen, dass es dem einen oder anderen auch durch den hohen Fördersatz in Höhe von bis zu 40% der Gesamtinvestitionen leichter fällt, in abwärme-relevante Techniken zu investieren.

Infos: Sie haben Fragen zu diesem Programm? Unsere Experten beraten Sie gerne kompetent, produktneutral und unverbindlich unter der Mailadresse [energieeffizienz@dgs.de](mailto:energieeffizienz@dgs.de). Sie erreichen uns telefonisch kostenfrei unter 0911/37651630. Oder Sie wenden sich

## Abwärmekaskade

### Schritt 1: Vermeidung

Abwärme kann aufgrund von Umwandlungs- und Transportverlusten niemals komplett einer nachgelagerten Nutzung zugeführt werden. Abwärmevermeidung kann beispielsweise durch technische Maßnahmen wie Dämmung von Komponenten und Leitungen oder Einsatz hocheffizienter Antriebe erfolgen, aber auch durch Prozessoptimierung (beispielsweise Wegfall von Prozessstufen, Verringerung der Ausfahrverluste, ablauforganisatorische Optimierung, Reduzierung von Falschluff, Erhöhung des Durchsatzes, Verminderung des Ausschusses).

### Schritt 2: Prozessinterne Verwendung

Eine prozessinterne Verwendung (z.B. Luftvorwärmung) minimiert den Aufwand für die Effizienzmaßnahme, trägt zur Verbesserung der energetischen Prozesse innerhalb eines Unternehmens bei und vermeidet Verluste durch Transport oder Umwandlung bei einer außerbetrieblichen Verwendung.

### Schritt 3: Innerbetriebliche Verwendung

Bei der innerbetrieblichen Nutzung wird Abwärme auf dem Unternehmensstandort, aber in anderen Prozessen genutzt; die Notwendigkeit der zeitlichen Übereinstimmung von Abwärmeverfügbarkeit und Wärmebedarf gewinnt an Bedeutung. Gleichzeitig sind Transportwege und gegebenenfalls Zwischenspeicher oder Maßnahmen zur bedarfsgerechten Steuerung zu berücksichtigen.

### Schritt 4: Außerbetriebliche Verwendung

Bei der Abgabe von Wärme an Dritte fallen neben einer komplexeren Versorgungs- und Risikoabsicherung gegenüber einer internen Verwendung höhere Infrastrukturkosten (Verbindungsleitungen zur Weitergabe der Wärme an Dritte) an. Wärmesenken müssen infrastrukturell und organisatorisch erschlossen werden.

### Schritt 5: Verstromung

Die Verstromung (zum Beispiel durch Anwendung der ORC-Technologie) ist bei heutigem Stand der Technik insbesondere bei höher temperierten Abwärmeströmen sinnvoll.

direkt an das kfw-Infocenter kostenfrei unter 0800 5399001.

### ZUM AUTOR:

► **Gunnar Böttger**

Leitung des FA Energieeffizienz der DGS  
[energieeffizienz@dgs.de](mailto:energieeffizienz@dgs.de)

# ABWÄRMENUTZUNG IM UNTERNEHMEN



Quelle: <http://www.abwaerme-leuchtturm.de>

Der Grundsatz in punkto Abwärme lautet: Erst vermeiden, dann nutzen!

Die Nutzung industrieller Abwärme birgt herausragende Energieeffizienzpotenziale für Unternehmen in Deutschland. So wendet die deutsche Industrie jährlich 1.670 Petajoule bzw. 460 Terrawattstunden Energie auf, um Wärme für benötigte Produktions- und Verarbeitungsprozesse zu erzeugen. Ein hoher Anteil geht dabei jedoch als ungenutzte Abwärme verloren. Diese Energieeffizienzpotenziale gilt es zu heben.

In Gewerbe und Industrie fällt prozessbedingt eine bedeutende Menge Abwärme an. Nur ein geringer Teil der in der Produktion eingesetzten Energie wird tatsächlich in das Produkt aufgenommen, z.B. als gebundene chemische oder physikalische Energie. Der Großteil der eingesetzten Energie wandelt sich letztlich zu Wärme und geht in Form von Abwärme verloren. Ziel einer effizienten Wirtschaftsweise ist es, die Energieeinsätze auf ein notwendiges Maß zu beschränken und daher anfallende Abwärme nach Möglichkeit zu nutzen: im gleichen Produktionsprozess, an anderer Stelle im Betrieb oder durch Einbeziehung externer Wärmeabnehmer in der Region.

## Abfall oder Wertstoff?

Die verschiedenen Nutzenergien (Strom, Druckluft, Beleuchtung, Dampf) wandeln sich während ihres Einsatzes letztlich in Wärme um. Damit die laufenden Produktionsprozesse nicht durch eine Überhitzung behindert werden, muss diese Energiemenge häufig sogar aufwendig abtransportiert werden. Rückkühler, Wärmeübertrager, Kühltürme, Ablüfter und Leitungen zum Transport der Abwärme sind dafür erforderliche Komponenten. Mit der Abgabe von Abwärme an die Umgebung (z.B. in die Luft oder in das Flusswasser) verliert diese ihren potenziellen Nutzen – sie wird ent-

wertet. Es geht aber auch anders. Häufig gibt es Möglichkeiten, Abwärme durch eine Wärmerückgewinnung aufzufangen und im gleichen Prozess oder in anderen innerbetrieblichen Bereichen wieder zu nutzen. Auf diese Weise spart Abwärme den Einsatz von Energieträger, verbessert die Umweltbilanz und hilft, die laufenden Energiekosten zu senken.

## Diffus oder gebunden: Formen der Abwärme

Für eine Bewertung von Abwärme wird grundsätzlich zwischen diffuser und gebundener Abwärme unterschieden.

- Gebundene Abwärmeströme sind an Medien gebunden, in der Regel sind dies Kühlwasser, Abwasser, Abgase und Abluft. Gebundene Wärmeströme weisen in der Regel ausreichend hohe Energiedichten auf und bieten gute Chancen für eine wirtschaftliche Abwärmenutzung. Typische gebundene Abwärmeströme sind Kühlkreisläufe von Produktionsanlagen, von Druckluft-, Raumlufttechnischen- und Kälteanlagen und Verbrennungsmotoren (z.B. BHKW), sowie warmes Abwasser, Abgase und Abluft.
- Diffuse Abwärmeströme zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine geringe Energiedichte aufweisen und i.d.R. mittels Strahlung und Konvektion über eine große Fläche abgegeben werden. Diese Wärme muss oft für eine Nutzung aufwendig eingesammelt werden. Daher ist es in der Regel wirtschaftlicher, diffuse Abwärme möglichst zu vermeiden, etwa durch verbesserte Wärmedämmungen. Eine Ausnahme bildet Lüftungswärme. Mechanische Lüftungsanlagen wie sie zum Beispiel in Produktionshallen sammeln die von Maschinen und Anlagen diffus abgegebene Abwärme ein und bündeln diese erwärmte Abluft. Hier lässt sich häufig mit relativ geringen Aufwendungen mittels Wärmeübertragern ein Großteil der Wärme zurückgewinnen und beispielsweise für die Erwärmung der Zuluft nutzen.

## Ansätze zur Abwärmenutzung

Vor der Planung eines Abwärme-Projektes sollten immer sinnvolle Abwärmevermeidungspotenziale in den Produktionsprozessen oder den Nebeneinrichtungen festgestellt werden, siehe Abwärmevermeidung.

Aus wirtschaftlichen wie auch aus energetischen Betrachtungen sollte eine Abwärmenutzung grundsätzlich auf einem möglichst hohen Exergieniveau angestrebt werden. Daneben lassen sich Ansätze der Abwärmenutzung wie folgt systematisieren:

- Besonders vorteilhaft ist eine mögliche Abwärmenutzung im gleichen Prozess
- Daneben bestehen eine Reihe anderer betrieblicher Nutzungsmöglichkeiten, etwa zur Raumwärme- und Warmwassererzeugung
- Teilweise muss dazu die Abwärme auch in andere nutzbare Energieformen umgewandelt werden (z.B. zur Kühlung und Verstromung von Abwärme).

Ist eine innerbetriebliche Verwendung nicht realisierbar, bieten sich ggf. Möglichkeiten der externen Nutzung an, z.B. durch andere Betriebe in räumlicher Nähe oder durch eine Einspeisung in Nah- und Fernwärmenetze, siehe Abwärme außerbetrieblich.

## Einzelmaßnahme oder konzertierte Aktion?

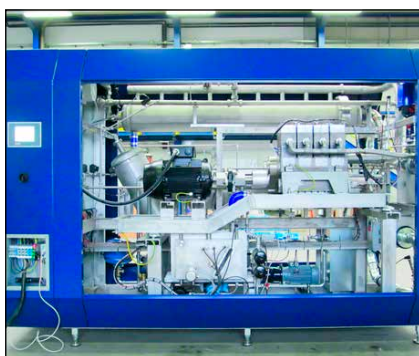
Im günstigsten Fall kann die Abwärme wieder direkt in den gleichen Prozess eingespeist werden. In vielen Fällen müssen aber erst durch vorbereitende und begleitende Verfahren die Voraussetzungen geschaffen werden. Zur Erschließung von Wärmesenken ist es nicht selten erforderlich das bestehende Temperaturniveau der Prozesse zu prüfen und nach Möglichkeit abzusenken oder auch eine Umstellung von Dampfprozessen auf Heißwasser oder Thermoöl zu überprüfen.

Weitere begleitende Maßnahmen dazu sind die Errichtung von Wärmespeichern, die Optimierung der Wärmeverteilung, die Verbesserung von Wärmedämmungen und die Installation größerer Wärmeübertragerefflächen. Je nach Prozessen kann es sinnvoll sein, mehrere Wärmequellen und Verteilsysteme zusammenzufassen und zu zentralisieren oder umgekehrt diese zu trennen, um z.B. ungünstige Temperaturvermischungen zu vermeiden oder Verteilverluste zu minimieren.

Text entnommen von der Deutschen Energieagentur ([www.dena.de](http://www.dena.de)).



## TECHNOLOGIEN DER ABWÄRMEVERSTROMUNG



Zur Erzeugung von elektrischer Leistung wird mechanische Energie in einem Generator in Strom umgewandelt

Eine Verstromung erfolgt in der Regel über thermodynamische Kreislaufprozesse mit Strömungsmaschinen (Dampfturbinen) oder Dampfmaschinen, welche die thermische Energie in mechanische Energie umwandeln, um elektrische Generatoren anzutreiben. Für die Nutzung der Abwärme in Abgasen muss diese in der Regel zunächst in Abgaswärmeübertragern auf ein nutzbares Arbeitsmedium (z.B. Wasser) übertragen werden.

Typische Abwärmequellen sind Verbrennungsabgase aus Stromerzeugung oder von Ofen- und Brennprozessen, wie z.B. Keramiköfen, Schmiedeöfen, Schmelzöfen oder Glühofenanlagen in der Metallverarbeitung. Die am Markt verfügbaren Technologien unterscheiden sich bezüglich der einsetzbaren Temperaturen und Leistungen in ihren Einsatzgebieten:

- Dampfturbinen
- ORC-Anlagen (Organic Rankine Cycle)
- Dampfmaschinen (Kolbendampfmaschine)

Während Dampfturbinen und -motoren Wasser als Arbeitsmedium verwenden, kommen in ORC-Anlagen organische Fluide zum Einsatz, die bei geringeren Temperaturen verdampfen. Ein spezielles Einsatzgebiet ergibt sich, wenn der Druck und das Temperaturniveau einer Dampfversorgung für Teilprozesse auf ein geringeres Druckniveau abgesenkt werden muss. Hier kann eine Dampfturbine oder ein Dampfmaschine ein Reduzier- und Drosselventil ersetzen.

### Dampfturbinen

Bei Dampfprozessen zur Stromerzeugung aus Abwärme wird Wasserdampf zum Antrieb einer Dampfturbine ver-

wendet, die an einen elektrischen Generator gekoppelt ist. Dabei wird zunächst das Wasser durch eine Pumpe auf ein hohes Druckniveau gebracht. Anschließend wird es erwärmt und verdampft. Dieser Hochdruckwasserdampf kann anschließend in einer Dampfturbine oder einem Dampfmaschine entspannt werden, wodurch dessen potenzielle Energie in die kinetische Energie einer rotierenden Welle umgewandelt wird. Zur Erzeugung von elektrischer Leistung wird die mechanische Energie in einem Generator in Strom umgewandelt.

Der Niederdruckwasserdampf, der aus der Turbine austritt, muss am Ende vollständig kondensiert werden. Dafür ist ein Kühlkreislauf notwendig, dessen Wärme weiter genutzt werden kann. Bei Abwärmertemperaturen ab etwa 350 °C gelten Dampfprozesse als effizienteste Lösung zur Verstromung von Abwärme. Mit niedrigeren Temperaturen steigt der Platzbedarf der Anlagen und die Überhitzung des Dampfes wird schwieriger.

In der Industrie kommen vorrangig Gegendruckdampfturbinen zum Einsatz, bei denen der Abdampf anschließend für weitere Prozesse zur Verfügung steht. Ihr Anwendungsbereich beträgt 75 kWel (Mikro-Dampfturbinen) bis zu 250 MWel. Dampfturbinen benötigen für einen wirtschaftlichen Einsatz eine Abwärmequelle mit einem Temperaturniveau von mindestens 300°C. Der elektrische Wirkungsgrad hängt von der Leistung sowie von den Temperaturen des Einsatzgebietes ab und liegt zwischen 15% und 25%. Die erzielbare Stromausbeute steigt, je größer die Leistung, je höher die zur Verfügung stehende Temperatur und je größer das nutzbare Temperaturgefälle ist.

### ORC-Anlagen

ORC-Anlagen kommen vor allem dort zum Einsatz, wo das Temperaturniveau der verfügbaren Wärmequelle oder die Wärmeströme für den Einsatz von Wasserdampf-Turbinen zu gering sind. Der Prozess entspricht thermodynamisch dem Dampfturbinen-Prozess. Als Arbeitsmittel kommen aber organische Flüssigkeiten mit niedrigen Siedetemperaturen zum Einsatz. ORC-Anlagen können bereits mit Abwärmertemperaturen ab 80°C arbeiten, der Wirkungsgrad schwankt zwischen 8% und 20%. Von einer wirtschaftlichen Abwärmeverstromung kann i. d. R. erst ab Temperaturen von rd. 120°C ausgegangen werden. Der verfügbare Leistungsbereich dieser Technologie beträgt von 20 kWel bis 5 MWel.

### Dampfmaschinen

Dampfmaschinen werden eingesetzt in Anlagen mit kleineren bis mittleren Leistungen, z.B. in Abhitzeverstromungsanlagen ab ca. 2,5 t/h Dampfmassestrom. Sie sind in einem Leistungsspektrum von ca. 50 kWel bis 1,2 MWel verfügbar. Vereinzelt kommen auch Stirling-Motoren zur Abwärmenutzung zum Einsatz. Stirlingmaschinen benötigen für einen sinnvollen Betrieb Temperaturen von mindestens 350°C, die Wirkungsgrade können etwa 20% erreichen. Diese Technologie hat sich jedoch zur Abwärmenutzung noch nicht durchgesetzt und zeigt noch Entwicklungspotenzial.

### Abgrenzung Kraft-Wärme-Kopplung

Das KWKG-Gesetz (KWKG 2016) schließt eine Nutzung von Abwärme grundsätzlich ein. Eine Förderung über Zuschläge auf die Stromerzeugung setzt voraus, dass die verbleibende Abwärme des Verstromungsprozesses als Nutzwärme Verwendung findet. Die Förderung industrieller KWK zur Eigenstromversorgung wurde mit der Novelle des Gesetzes 2016 auf kleine Leistungen bis 100 kWel beschränkt (Quelle: www.dena.de). Allerdings fallen Anlagen, die unter KWKG förderfähig sind, aus der Förderung des KfW Abwärmeprogramms 294/494 heraus.

### Wirtschaftlichkeit

Für die Wirtschaftlichkeit einer Verstromung der Abwärme ist maßgeblich, dass der erzeugte Strom zur Eigennutzung verwendet oder gut vermarktet werden kann. Die betriebliche Eigenstromerzeugung führt zu einer Minderung der Netz- und Leistungskosten und leistet einen Beitrag zur Entlastung der Stromnetze. Eine wirtschaftliche Verstromung von Abwärme setzt ferner ein möglichst hohes Temperaturniveau, eine ausreichende Abwärmemenge und eine kontinuierliche Verfügbarkeit (hohe Vollbenutzungsstunden) voraus.

Das Förderprogramm Abwärme vermeiden und nutzen (294/494) der KfW soll die Entwicklung interessanter und energetisch sinnvoller Projekte vorantreiben und durch die hohen Fördersätze von bis zu 40% die Wirtschaftlichkeit erhöhen.

Text entnommen von der Deutschen Energieagentur (www.dena.de).