

# Hochtemperatur-Wärmepumpe für die Industrie

Prozesstemperaturen bis 200 °C aus vorhandener Abwärme erzeugen



## Keywords

- Wärmepumpe
- Prozesswärme
- Dampferzeugung



Das Forschungsprojekt AHEAD (Advanced Heat Pump Demonstrator) des Pharmaherstellers Takeda hat den Net-Zero Industries Award 2023 erhalten. Der Preis wird von der globalen Initiative „Mission Innovation – Net-Zero Industries (MI-NZI)“ vergeben und zeichnet Lösungen und Innovationen aus, die den Einsatz von Technologien zur Dekarbonisierung der Industrie beschleunigen. © Takeda

Der Klimawandel und gestiegene Kosten für fossile Brennstoffe stellen die Industrie vor große Herausforderungen: Unternehmen müssen ihre Energieeffizienz steigern, ihren Primärenergieverbrauch senken und ihre Emissionen reduzieren. Hochtemperatur-Wärmepumpen tragen dazu bei, indem sie ungenutzte Abwärme aus Produktionsprozessen recyceln und daraus Prozesswärme in Form von Dampf und Heißwasser mit Temperaturen bis 200 °C erzeugen.

Rund ein Fünftel des industriellen Gesamtenergiebedarfs entfällt auf die Erzeugung von Prozesswärme bis 200 °C. Um die EU-Klimaziele zu erreichen und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu senken, liegt ein bedeutender Hebel der Industrie in einer effizienten Wärmeerzeugung, z.B. durch die Nutzung vorhandener Abwärme. Leider steht diese oft nur in Form von Niedertemperaturabwärme zur Verfügung, die für viele industrielle Prozesse nicht ausreicht, daher meist ungenutzt verpufft oder sogar mit zusätzlichem Energieaufwand gekühlt werden muss. Hohe Prozesstemperaturen über 100 °C werden bislang noch überwiegend mit fossilen Brennstoffen erzeugt. Eine Lösung ist der ThermBooster der SPH Sustainable Process

Heat aus Overath, eine industrielle Hochtemperatur-Wärmepumpe, die vorhandene Niedertemperatur-Abwärme auf Temperaturen bis 200 °C bringen kann.

## Wärmepumpen nutzen Niedertemperatur-Abwärme effizient

Das System der Wärmepumpe ist einfach und effizient: Ein flüssiges Kältemittel entzieht der Wärmequelle Energie und erwärmt sich. Aufgrund seines niedrigen Siedepunkts verdampft es und wird in einem Kompressor verdichtet, wodurch es sich stark erhitzt. Ein Wärmetauscher überträgt die entstandene hohe Wärme auf das Anwendungssystem (Dampf oder Heißwasser), die Wärmesenke. In einem stetigen

Kreislauf verflüssigt sich das Kältemittel wieder, kühlt ab und kann erneut Wärme aufnehmen. Wird die Wärmepumpe mit Strom aus regenerativen Energiequellen betrieben, ist sogar eine CO<sub>2</sub>-freie Wärmeerzeugung möglich.

## Hochtemperatur-Wärmepumpe für die Industrie

Bislang waren Wärmepumpen in der Industrie auf Temperaturen bis etwa 100 °C beschränkt und damit für viele industrielle Prozesse nicht nutzbar. Der ThermBooster ist eine innovative Hochtemperatur-Wärmepumpe, die dank eines speziellen Kolbenkompressors Temperaturen bis 200 °C oder Sattampfdrücke bis zu 6 bar absolut erzeugen kann. Sein modularer

Aufbau ermöglicht es, Komponenten wie Verdampfer, Kompressor und Verflüssiger individuell auszuwählen und flexibel an die jeweilige Produktionsumgebung anzupassen. Bei sehr hohem Leistungsbedarf können die Module auch mehrfach zusammenschaltet werden.

**Der industrielle Wärmepumpe in der Praxis**

Hochtemperatur-Wärmepumpen lassen sich in der Industrie überall dort einsetzen, wo Prozesswärme bis zu 200 °C benötigt wird und konstante Abwärme zur Verfügung steht. Dies gilt insbesondere für Branchen wie die Lebensmittel-, Papier- und Chemieindustrie, in denen wärmeintensive Prozesse wie Trocknung, Sterilisierung, Pasteurisierung oder Destillation eine wichtige Rolle spielen. Die Anlage zur Wärmeerzeugung wurde bereits an einige Unternehmen ausgeliefert und wird derzeit im Rahmen von zwei internationalen Forschungsprojekten eingesetzt und weiterentwickelt.

**Gelatineherstellung mit einer Einsparung von 4,8 GWh Erdgas und 550 t CO<sub>2</sub> pro Jahr**

Bei der Herstellung von Gelatine erfordern insbesondere die Trocknungsprozesse hohe Temperaturen. Bislang lieferten ein gasbefuerter

Dampferzeuger und mehrere Blockheizkraftwerke (BHKW) die benötigte Wärme auf zwei Wärmeschienen: Eine Dampfschiene mit 2 bar absolut (etwa 120 °C) ausschließlich für Prozesswärme, sowie eine Heißwasserschiene mit 85 °C für einen Teil der Prozesswärme sowie für die Beheizung der Räume. Da der Bedarf an Raumheizung saisonal schwankt, blieb ein Großteil dieser Wärme ungenutzt.

Die Integration der Wärmepumpe in den Kreislauf macht die gesamte Abwärme auf der Heißwasserschiene konstant für Produktion und Raumheizung nutzbar. Im Verlauf eines Jahres erzeugt die Anlage etwa 6.500 t Dampf, was 4,1 GWh thermischer Energie entspricht. Unter Annahme eines Wirkungsgrades von 85 % – bezogen auf einen gasbefeuerten Standard-Dampfkessel – lassen sich so jährlich ca. 4,8 GWh Erdgas und damit etwa 550 t CO<sub>2</sub> einsparen. Mit Strombezug aus regenerativen Quellen ist sogar eine noch höhere CO<sub>2</sub>-Einsparung möglich.

**Recycling-Industrie: Einsparung von 10,8 GWh Erdgas und 2.400 t CO<sub>2</sub> pro Jahr**

Ein innovatives Recycling-Verfahren zerlegt bislang unverwertbaren Hausmüll in seine Grund-

bestandteile und setzt sie zu einem thermoplastischen Verbundwerkstoff zusammen. Für die Trocknung des Materials sind Temperaturen von 130 °C erforderlich. Das Wärmenutzungskonzept der Recycling-Anlage bündelt verschiedene Abwärmeströme und nutzt sie als Quelle für die Wärmepumpe. Es umfasst verschiedene Kühl- und Heizkreisläufe auf unterschiedlichen Temperaturniveaus, die alle miteinander verbunden sind. Am Ende steht der ThermBooster, der mit 130 °C heißem Wasser die 1,5 MW Heizleistung für die Trocknung bereitstellt. Bei einer geplanten Jahresnutzungsdauer von ca. 8.000 Stunden entspricht dies einer Einsparung von 10,8 GWh Erdgas pro Jahr. Da die Anlage ausschließlich mit CO<sub>2</sub>-neutral erzeugtem Strom betrieben wird, werden im Vergleich zu einer erdgasbefeuerten Prozesswärmeerzeugung 2.400 t CO<sub>2</sub> pro Jahr vermieden.

**Projekt AHEAD: Temperaturen bis 200 °C für die Pharmaproduktion**

In der Arzneimittelproduktion wird ein erheblicher Teil des Prozesswärmebedarfs bisher durch Erdgas gedeckt. Das Forschungsprojekt AHEAD (Advanced Heat Pump Demon-

**Gelatine**  
Abschließende Trocknungsprozesse durch Dampferzeugung

**TECHNISCHE DATEN**

- Installation Q1 2024
- Quelle: 85/70 °C
- Dampf bei 2 bar
- 4,1 GWh thermische Energie pro Jahr
- Einsparung von 550 t CO<sub>2</sub> pro Jahr bei Nutzung des BHKW-Stroms

**DAMPF**

**Leistungsdaten**

- Heizleistung: 514 kW (812 kg/h)
- Kühlleistung: 407 kW
- Elektrische Leistung: 118 kW
- COP: 4,4

**Recyclingindustrie**  
Thermokunststoff aus Recycling von unsortiertem Hausmüll

**TECHNISCHE DATEN**

- Installation Q1 2024
- Lieferung von 2 Wärmepumpen
- Ziel: CO<sub>2</sub>-freie Produktion von Thermokunststoff aus Müll
- 1,5 MW Leistungsbedarf

**WASSER**

- ~ 10,8 GWh ~ 39 TJ Wärme pro Jahr
- Einsparung von 1,25 Mm<sup>3</sup> Erdgas pro Jahr
- Einsparung von ~ 2400 t CO<sub>2</sub> pro Jahr durch den Einsatz von „grünem Strom“

Dampferzeugung für die Gelatineherstellung

Heißwassererzeugung für die Recycling-Industrie

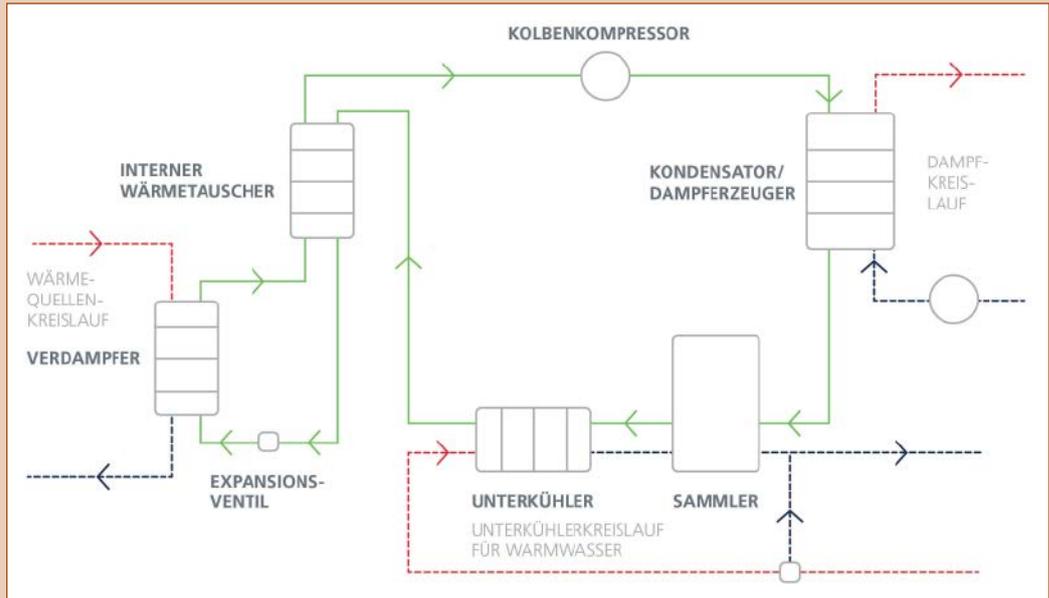
CITplus-Wissen

Dampf- und Heißwassererzeugung mit Wärmepumpe

Das ThermBooster-System ist als Kompressionswärmepumpe mit einem internen Wärmetauscher konzipiert. Hierbei dienen hocheffiziente Plattenwärmetauscher als Verdampfer für den Kältekreislauf und als interne Wärmetauscher. Als Verflüssiger wird ein Plattenwärmetauscher oder alternativ ein Plate-and-Shell-Wärmetauscher eingesetzt, der gleichzeitig als Dampferzeuger für die Wärmesenke fungiert. Somit eignet sich die Anlage sowohl für die Erzeugung von Heißwasser als auch von Dampf. Zur Effizienzsteigerung kann ein zusätzlicher Unterkühler integriert werden, der dem Kältemittel weitere Energie entzieht, die bspw. zur Vorwärmung von Speisewasser oder zur Einspeisung in einen anderen Heiz-

kreislauf genutzt werden kann. Eine spezielle Ölkonditionierung sorgt für eine lange Lebensdauer und geringen Wartungsaufwand.

Das Herzstück der Wärmepumpe ist ein speziell entwickelter 4-Zylinder-Kolbenkompressor mit einem Hubvolumen von ca. 540 m<sup>3</sup>/h bei 1.500 U/min. Er ist für bis zu 35 bar auf der Hochdruckseite und 18 bar auf der Niederdruckseite ausgelegt. Heißgastemperaturen von 250 °C und Sauggastemperaturen von 200 °C sind problemlos möglich. Der Kompressor erzielt hohe Wirkungsgrade und ist optimiert für synthetische, umweltfreundliche HFO-(Hydrofluorolefin-)Kältemittel der neuesten Generation (z.B. R1233zd, R1336mzz-Z) sowie natürliche Kältemittel (z.B. Kohlenwasserstoffe). Ein patentiertes Ventilsystem nutzt die verfügbare Fläche optimal aus und minimiert den Druckverlust, während gleichzeitig das Totraumvolumen gering gehalten wird.



Aufbau des ThermBoosters

trator) in Österreich zielt auf eine nachhaltige Arzneimittelproduktion am Standort des biopharmazeutischen Unternehmens Takeda in Wien ab. AHEAD wird künftig die vorhandene Wärme des Takeda-Heizungswassersystems zur Dampferzeugung mithilfe der Wärmepumpe nutzen. Diese wird speziell für den Einsatz natürlicher Kältemittel adaptiert und erzeugt Dampf, der mittels Dampfkompression auf die bei Takeda benötigten 11 bar(a) und 184 °C gebracht wird. Mit dieser Lösung wird eine CO<sub>2</sub>-Reduktion von bis zu 90 % und über rund sieben Monate im Jahr eine vollständige CO<sub>2</sub>-Emissionsfreiheit erzielt. Das entspricht einer jährlichen Einsparung von 1.900 t CO<sub>2</sub>.

Abwärme aus der Papiermaschine wird bereits effizient in einem Wasser-Glykol-Kreislauf zur Wärmerückgewinnung genutzt. In Zukunft wird ein weiterer Teil dieser Abwärme im Bereich von 30 bis 50 °C mit einem zweistufigen Wärmepumpensystem genutzt, um Dampf bei 2,2 bar und 123 °C zu erzeugen, der direkt in die Papiermaschine eingespeist wird. Hierbei liegt der erzielbare COP (Coefficient of Performance) bei ca. 2,3.

reduziert auch CO<sub>2</sub>-Emissionen maßgeblich und spielt somit eine wichtige Rolle bei der Erreichung der Klimaziele in der Industrie.

Projekt Push2Heat: Papiertrocknung mit aufbereiteter Abwärme

Das EU-Projekt Push2Heat fördert die Abwärmenutzung in der Industrie. Einer der Projektpartner ist ein Hersteller von Spezialpapieren. In der Papierfabrik wird der für die Papiermaschine benötigte Dampf (etwa 130.000 MWh pro Jahr) derzeit mit einem zentralen, erdgasbefeuerten Kessel erzeugt. Ein Teil der

Effizient von der Abwärme zur Prozesswärme

Ein großer Teil des Energiebedarfs in der Industrie entfällt auf die Erzeugung von Prozesswärme, insbesondere in energieintensiven Trocknungsprozessen. Industrielle Hochtemperatur-Wärmepumpen wie der ThermBooster ermöglichen eine effiziente Aufbereitung von Abwärme in hochwertige Prozesswärme. Dank seines modularen Aufbaus lässt sich die Anlage flexibel in unterschiedliche Produktionsprozesse integrieren und ermöglicht Temperaturen bis 200 °C. Sie trägt nicht nur erheblich zur Senkung der Energiekosten bei, sondern



Andreas Mück, Geschäftsführer, SPH Sustainable Process Heat GmbH

Wiley Online Library



SPH Sustainable Process Heat GmbH, Overath  
Tel.: +49 2206 9050 - 662  
andreas.mueck@spheat.de · www.spheat.de