Energie
Nationale Forschungsprogramme 70 und 71

Projekt

Kompakte Adsorptionswärmepumpen

Eine neue Art Wärmepumpe hilft, Wärme effizienter zu nutzen

Eine neue Art Wärmepumpe hilft, Wärme effizienter zu nutzen

Heute wird Abwärme noch wenig genutzt. Das liesse sich mithilfe sogenannter Adsorptionswärmepumpen ändern. Diese könnten Abwärme von Fabriken oder Wärmeenergie aus erneuerbaren Quellen abschöpfen und vermehren. Doch bisher waren die Investitionskosten solcher Anlagen sehr hoch. Darum haben Forschende der Hochschule für Technik Rapperswil nun eine neue Wärmepumpe entwickelt, die effizienter und darum wirtschaftlicher ist.

Die neu entwickelte Adsorptionswärmepumpe: Solche Anlagen sollen in Zukunft Abwärme zum Heizen und Kühlen nutzen. *Quelle:* Institut für Solartechnik, HSR

Auf einen Blick

- Heute geht viel Energie als Abwärme verloren. Diese Wärmeenergie könnte mithilfe von Adsorptionswärmepumpen aufgefangen und sowohl zum Heizen wie auch zum Kühlen genutzt werden.
- Bisher verhinderten die hohen Investitionskosten die Verbreitung der Anlagen. Darum haben Forschende der Hochschule für Technik Rapperswil eine neue Wärmepumpe mit einem verbesserten Wärmetauscher entwickelt.
- Diese dürfte im Betrieb effizienter und günstiger sein als alle bisherigen Anlagen.

Um Gebäude zu heizen und zu kühlen, Warmwasser zu produzieren oder industrielle Prozesse anzutreiben, verbrauchen wir in der Schweiz die Hälfte der gesamten Energie. Betrachtet man nur den Stromverbrauch, gehen davon 40 Prozent in das Wärmen und Kühlen von Räumen oder Materialien. Und nach wie vor stammt diese Energie überwiegend aus fossilen Quellen und Kernenergie. «Würde Wärmeenergie effizienter genutzt, würde das sowohl den CO_2-Ausstoss wie auch die Abhängigkeit von der Kernenergie vermindern», sagt Andreas Häberle, Professor für Erneuerbare Energien und Umwelttechnik an der Hochschule für Technik Rapperswil.

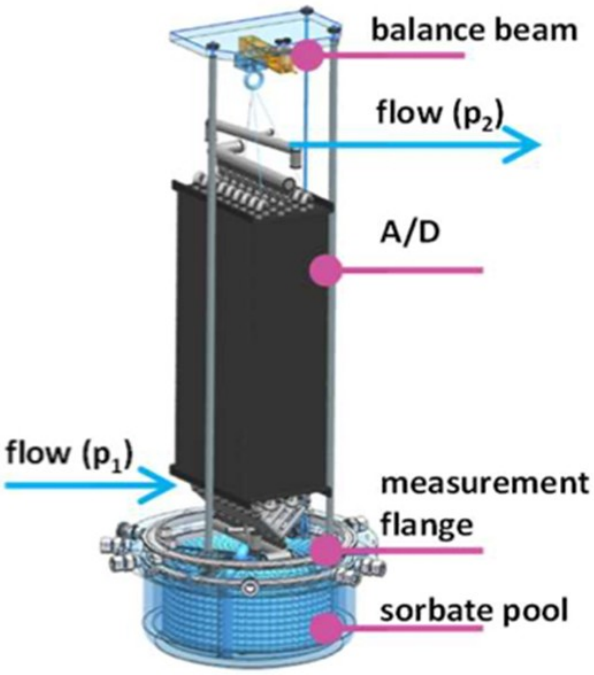
Effizienter nutzen, das heisst unter anderem: Abwärme konsequenter nutzen. Denn heute noch geht wertvolle Wärmenergie vielerorts verloren. Auffangen könnte man sie mit sogenannten Adsorptionswärmepumpen. Diese könnten beispielsweise Abwärme von Fabriken oder Rechenzentren auffangen oder Energie aus thermischen Solaranlagen vermehren. Bisher scheiterte der Einsatz solcher Anlagen allerdings an deren hohen Investitionskosten. Darum haben Häberle und sein Forschungsteam in einem Unterprojekt des Verbundprojekts «Wärmenutzung durch Sorptionstechnologie» das Design von Adsorptionswärmepumpen weiterentwickelt. Sie haben das Innenleben der Anlage mit neuentwickelten, optimierten Komponenten bestückt und so den Wärmefluss innerhalb der Anlage verbessert. Damit ist die neu konstruierte Wärmepumpe effizienter und wirtschaftlicher als bisherige Anlagen.

Kostenfaktor Wärmetauscher

Wie die heute schon verbreiteten Kompressionswärmepumpen können auch Adsorptionswärmepumpen der Umgebung Wärme entziehen und diese vermehren. Dazu benötigen sie allerdings eine höhere Ausgangstemperatur von 35 bis 60 Grad Celsius. Dafür haben sie gegenüber von konventionellen Wärmepumpen einen entscheidenden Vorteil: Sie benötigen fast keinen Strom, sondern nutzen hauptsächlich Wärme als Antrieb.

Der Prozess funktioniert folgendermassen: Zuerst wird die Umweltwärme benutzt, um ein Kältemittel zu verdampfen – meist ist das bei Adsorptionswärmepumpen einfach Wasser. Der Wasserdampf wird in einen Adsorptionswärmetauscher geleitet und danach in dessen Innern von einem Sorptionsmaterial adsorbiert und verdichtet. Das erhitzt den adsorbierten Dampf und das Sorptionsmaterial weiter. Jetzt braucht die Anlage etwas zusätzliche Wärmeenergie auf höherer Temperatur, um den heisseren Dampf wieder freizugeben, in der Fachsprache heisst das desorbieren. Die gewonnene Hitze lässt sich schliesslich in einen Heizkreislauf leiten. Genau wie konventionelle Wärmepumpen können Adsorptionswärmepumpen in umgekehrter Arbeitsrichtung aber auch kühlen.

Der teuerste Teil einer solchen Anlage ist der Adsorptionswärmetauscher. Darum haben die Forschenden die Komponenten des Wärmetauschers neu entwickelt und zunächst in kleinem Massstab im Labor aufgebaut und charakterisiert. Dazu haben sie eine Messkammer konstruiert, die sie unter Vakuum setzen konnten. In dieser Messkammer testeten sie das neue Wärmetauscher-Element mit unterschiedlich langen Adsorptions-Desorptionszyklen und bei verschiedenen Antriebstemperaturen. Dabei ermittelten sie mithilfe einer in der Kammer eingebauten Waage, wie viel Kältemittel jeweils vom Sorptionsmaterial im Inneren des Wärmetauschers aufgenommen wurde. So untersuchten die Forschenden etwa, wie sich ein Druckabfall auswirkt und bestimmten ausserdem die Leistung des Wärmetauschers beim Heizen und Kühlen.



Die Messkammer, im Foto ist sie offen: Aus dem runden Kältemittel-Reservoir zuunterst gelangt der Dampf in den Wärmetauscher und wird dort adsorbiert und verdichtet. Zuoberst misst eine Balkenwaage, wie viel Dampf im Wärmetauscher gespeichert ist. SPF, HSR

Bei ihren Tests und Optimierungen hatten die Forschenden eine bestimmte Anwendung im Blick: die Kühlung eines Rechencenters. Dabei stützten sie sich auf die Arbeit eines weiteren Unterprojekts, in welchem insgesamt vier vielversprechende Szenarien für die zukünftigen Anwendung von Adsorptionswärmepumpen entworfen und evaluiert worden waren.

Die Anlage wird grösser

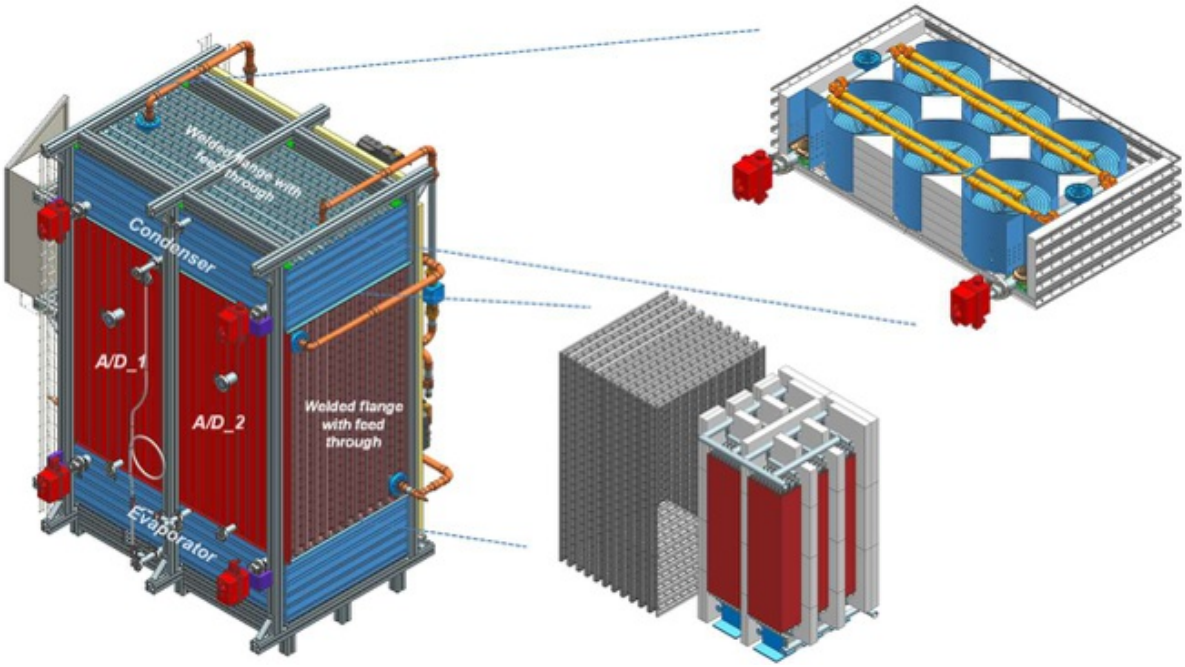
Nachdem die Umwelttechniker das Wärmetauscher-Element in den Labortests optimal für die Rechencenter-Kühlung eingestellt hatten, vergrösserten sie den Massstab: Sie konstruierten etwas leistungsfähigere Elemente aus Aluminium – mit einer Länge von 80 Zentimetern statt wie bisher 50 – und kombinierten sechs solcher Elemente zu einem Wärmetauscher.

Beim Design der Elemente achtete das Team darauf, dass diese sich für unterschiedliche Sorptionsmaterialien anpassen lassen. Denn das Sorptionsmaterial im Inneren der Wärmetauscher ist ebenfalls massgebend für die Effizienz des Prozesses – deshalb hatte

Die neue Wärmepumpe nimmt Gestalt an: Walter Camenisch von der Hochschule für Technik Rapperswil schweisst die Wärmetauscher-Elemente zusammen. SPF, HSR

ein separates Unterprojekt das Ziel, ein neues, leistungsfähiges Material für die neue Wärmepumpe zu finden. Dieses sollte später in die neuen Wärmetauscher integriert werden können.

Des Weiteren entwickelte das Team Häberle einen neuen Verdampfer und einen Kondensator. So entstand schliesslich eine optimierte Adsorptionswärmepumpe mit einer Kühlleistung von 10 Kilowatt. Zum Vergleich: Mit dieser Leistung liesse sich ein 160 bis 200 Quadratmeter grosser Raum klimatisieren.



Schematischer Aufbau der Adsorptionswärmepumpe: Zuunterst wandelt der Verdampfer (engl. Evaporator) mit der Eingangswärme das Wasser zu Dampf um. Dieser wird sodann im Adsorptionswärmetauscher bestehend aus sechs parallel geschalteten Elementen verdichtet und dadurch erhitzt. In der Anlage gibt es zwei solche Wärmetauscher (A/D_1 und A/D_2), die abwechselnd Dampf absorbieren und wieder desorbieren. Nun wird der wärmere Dampf wieder verflüssigt mittels eines Kondensators (engl. Condenser) zuoberst in der Anlage. SPF, HSR

Zunächst testeten die Umwelttechniker die neue Wärmepumpe mit einem verbreiteten und günstigen Sorptionsmaterial aus Silicagel-Kügelchen, später mit einem effizienteren, aber wesentlich teureren organisch-metallischem Material aus Aluminiumfumarat.

In Zukunft aber soll die Anlage mit dem eigens im verbundenen Unterprojekt entwickelten Sorptionsmaterial aus Kohlenstoff funktionieren – und dies effizienter und günstiger als alle bisherigen Adsorptionswärmepumpen. Damit, so Umwelttechniker Häberle, sollte einer Optimierung und einer vermehrten Einführung der Anlagen nichts mehr im Weg stehen.

Produkte aus diesem Projekt

- Cooling power determination by measuring the adsorbed vapor mass variations: comparison of mass adsorption cooling power correlation and external fluid loop power measurement
  Publikationsdatum: 07.08.17
- Abwärme nutzen, Strom sparen
  Publikationsdatum: 01.01.18
- Waste not, want not
  Publikationsdatum: 22.07.15
- THRIVE Projekt
  Publikationsdatum: 30.11.-1
- Project THRIVE: Heat utilisation with solid sorption technology
  Publikationsdatum: 26.07.15
- Heat utilization with solid sorption technology
  Publikationsdatum: 24.04.15
- Design and Construction of a 10 KW Sorption Heat Pump Prototype
  Publikationsdatum: 11.04.18
- Adsorption heat pump upscaling from 1 kW to 10 kW of cooling power: experimental based modelling
  Publikationsdatum: 07.08.19

Team & Kontakt

Prof. Andras Häberle
Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestrasse 10
3.104
8640 Rapperswil

+41 55 222 48 22
andreas.haeberle@hsr.ch

Andreas Häberle
Projektleiter

Walter Camenisch

Xavier Daguenet-Frick

Paul Gantenbein

Patrick Persdorf

Franz Steiner

Albert Trudel

Alle Aussagen diesen Seiten bilden den Stand des Wissens per 23.05.2019 ab.