



Energie

Nationale Forschungsprogramme 70 und 71

Projekt

Pilot-Adsorptionswärmepumpe



Wo Abwärme sich besser nutzen liesse

Heute wird Abwärme vielerorts nicht genutzt – unter anderem, weil deren Temperatur zu tief ist, um sie direkt zu verwenden. Das liesse sich mithilfe von Adsorptionswärmepumpen ändern: Die Anlagen können Wärme auf die gewünschte Temperatur bringen, ohne dass sie dafür zusätzlichen Strom benötigen. Nun haben Physiker der Fachhochschule Westschweiz untersucht, bei welchen Anwendungen die Wärmepumpen den meisten Mehrwert bringen würden.



Die Kehrichtverbrennungsanlage Hagenholz in Zürich (rechts) versorgt zusammen mit dem Holzheizkraftwerk Aubrugg (links) den grössten Teil des Fernwärmenetzes der Stadt Zürich. Doch nach wie vor geht andernorts viel Wärmeenergie verloren, die sich mithilfe von Adsorptionswärmepumpen nutzen liesse. *Quelle: Wikimedia/Marc*





Auf einen Blick

- Sogenannte Adsorptionspumpen könnten zukünftig dafür sorgen, dass mehr Abwärme aufgefangen und wiederverwendet wird. Doch deren Einführung scheiterte bisher unter anderem daran, dass es keine durchdachten Szenarien für deren Anwendung gab.
- Darum haben Forschende der Fachhochschule Westschweiz analysiert, wo solche Wärmepumpen am besten mithelfen könnten, die Ressource Wärme effizienter zu nutzen. Sie entwarfen vier vielversprechende Szenarien und ermittelten für diese die technischen Anforderungen für die Anlagen.
- Würden Adsorptionswärmepumpen in der Schweiz in schon nur in den betrachteten Szenarien flächendeckend eingesetzt, würde der Ausstoss von Klimagasen um bis zu fünf Prozent sinken.

In der Schweiz geht nach wie vor viel Energie in Form von Abwärme verloren. Zwar wird mancherorts bereits Abwärme genutzt, beispielsweise jene von Kehrlichtverbrennungsanlagen. Damit lassen sich Gebäude, sogar ganze Quartiere heizen. Aber noch immer verpufft wertvolle Abwärme etwa von Fabriken oder Rechenzentren in der Luft. Das liegt unter anderem daran, dass die Temperatur der Wärme häufig zu tief ist, um sie direkt zu nutzen. Hier könnten künftig sogenannte Adsorptionswärmepumpen helfen. Ähnlich wie konventionelle Kompressionswärmepumpen können sie Wärme auffangen und vermehren. Zudem haben Adsorptionswärmepumpen im Vergleich zu Kompressionswärmepumpen einen Vorteil: Sie benötigen fast keinen Strom, sondern nutzen die Wärme als Antrieb.

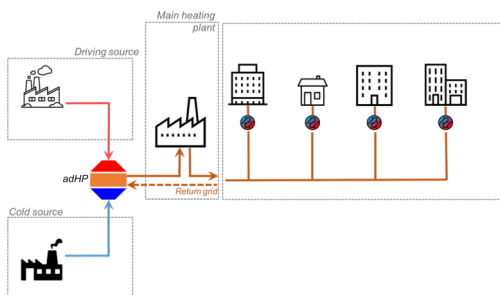
Bisher waren die Anlagen aber vergleichsweise teuer. Zudem gab es keine durchdachten Szenarien, die zeigten, in welche bestehenden Wärme-Infrastrukturen die Anlagen am besten eingefügt werden könnten. Deshalb hat Stéphane Citherlet, Physiker an der Fachhochschule Westschweiz in Yverdon, zusammen mit seinem Forschungsteam mögliche Anwendungen in der Praxis evaluiert und dabei auch ermittelt, welche technischen Anforderungen die Wärmepumpen jeweils erfüllen müssten. Die Arbeit war Teil des Verbundprojekts «Wärmenutzung durch Sorptionstechnologie» – darin beschäftigten sich weitere Unterprojekte mit der technischen Weiterentwicklung der Anlagen, mit deren Einfluss auf die Umwelt und deren Wirtschaftlichkeit. Ziel des Verbundprojekts war es, die Adsorptionswärmepumpen möglichst bis zur Marktreife weiterzuentwickeln.

Ressource Wärme besser nutzen

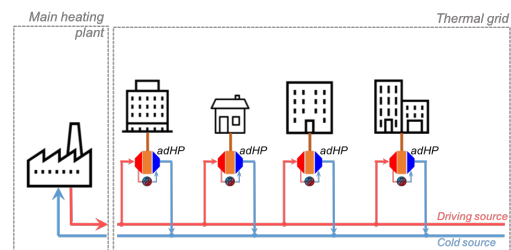
In Zukunft sollen die Anlagen mithelfen, den Ausstoss des Klimagases CO₂ zu senken sowie die Abhängigkeit von der Kernenergie zu vermindern. Denn in der Schweiz stammt die Energie für das Heizen und Kühlen von Gebäuden oder industriellen Prozessen nach wie vor überwiegend aus fossilen Quellen – und macht mehr als die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs aus. Betrachtet man den Stromverbrauch separat, gehen davon 40 Prozent ins Wärmen und Kühlen von Räumen oder Materialien. Etwa die Hälfte dieses Stroms kommt heute noch aus Kernkraftwerken. «Darum lohnt es sich, Wärmeenergie effizienter zu nutzen als bisher», sagt Citherlet. «Eine Möglichkeit dazu ist eben die Nutzung von Abwärme mithilfe von Adsorptionswärmepumpen.»

Um die besten Anwendungsszenarien für die Wärmepumpen zu finden, erstellten die Forschenden zunächst ein Computermodell, in welchem sie die technischen und thermodynamischen Eigenschaften solcher Anlagen abbildeten. Zudem berechneten sie schweizweit das brachliegende Potenzial an Abwärme. Und sie ermittelten, welche Temperaturen Fernwärmenetze und verschiedene weitere mögliche Abnehmer benötigen. So gibt es zum Beispiel beim Heizen einen Unterschied zwischen modernen Gebäuden mit Bodenheizung und älteren, weniger gut isolierten Häusern mit Radiatoren.

Die gewünschte Temperatur erzeugen



1. Szenario: Aufwertung von Abwärme mit verschiedenen Temperaturen aus der Industrie fürs Heizen über Fernwärmeleitungen. Die Wärmepumpe (in der Illustration abgekürzt als adHP) wertet Abwärme mit tiefer Temperatur aus Industrieanlagen auf und erzeugt die passende Temperatur fürs Fernwärmenetz. So kann auch eine vergleichsweise geringe Menge an

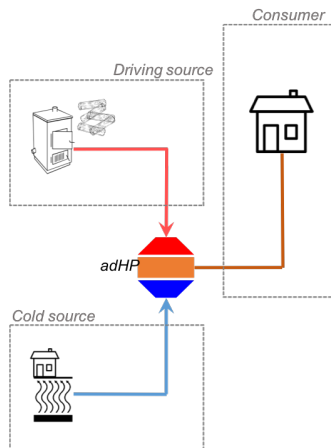


2. Szenario: Die Verteilung von Wärme fürs energieeffizientere Heizen über Fernwärmeleitungen. Hier reduzieren direkt an die Gebäude angeschlossene Wärmepumpen die Temperatur aus dem Wärmenetz auf eine passende Heiztemperatur. Gleichzeitig erhöht sich dadurch die Kapazität des gesamten Wärmenetzes, sodass mehr Wärme effizient genutzt wird. Umgekehrt liesse

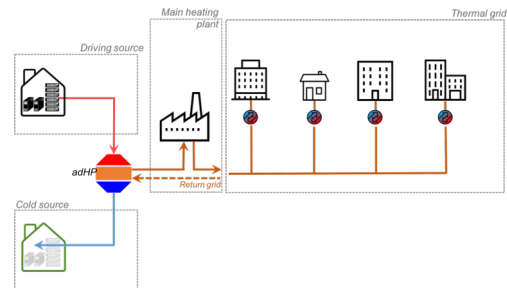
Abwärme – wie im Bild aus der zweiten, kälteren Industrieanlage – genutzt werden. Citherlet et al.

sich dasselbe Szenario auch einsetzen, um tiefe Temperaturen aus Abwärme fürs Heizen aufzuwerten. Citherlet et al.

In diesen Szenarien muss die Wärmepumpe jeweils mit



3. Szenario: Das Anpassen von Holzpellettheizungen. Gekoppelt an eine Holzpellettheizung holt die Anlage das Optimum aus der produzierten Wärme heraus. Für moderne Bauten mit Bodenheizung senkt sie die Heiztemperatur, für ältere Häuser mit Radiator kann sie die Wärme vermehren. Ein Szenario, dass auch abseits von zentralisierten Fernwärmeleitungen für eine effizientere Nutzung der Wärme sorgt. Citherlet et al.



4. Szenario: Die Kühlung eines Rechencenters. Wie konventionelle Wärmepumpen können Adsorptionswärmepumpen in umgekehrter Arbeitsrichtung auch kühlen. Dieses vierte Szenario beinhaltet sämtliche solchen Kühlaufgaben. Genauer angeschaut haben die Forschenden zwei Fallstudien: Die Kühlung von Wasser für die Zementindustrie und die Kühlung eines Rechencenters – jeweils mit der eigenen Abwärme, sodass dafür keine zusätzliche Energie benötigt wird. Citherlet et al.

unterschiedlichen Eingangstemperaturen klarkommen und unterschiedliche Zieltemperaturen generieren. «Dementsprechend ändern sich die Prozesse und die Arbeitstemperaturen im Inneren der Anlage», sagt Citherlet. Dort wird die Eingangswärme zuerst benutzt, um Wasser zu verdampfen. Der Wasserdampf wird anschliessend in einen Wärmetauscher geleitet und in dessen Innern von einem Sorptionsmaterial adsorbiert und verdichtet. Das erhitzt den Dampf weiter – die Wärme wird vermehrt. Danach wird der heissere Dampf wieder zu Wasser kondensiert. Es kann die gewonnene Hitze schliesslich weitertransportieren und abgeben.



Von den Szenarien zur Technik

Um nun die Wärmepumpen in den verschiedenen Szenarien einzusetzen, ist es nötig, die drei Arbeitstemperaturen der Anlagen entsprechend anzupassen – die Hoch-, Mittel- und Tieftemperatur. Für jedes der vier Szenarien berechneten die Forschenden darum, welche Arbeitstemperaturen für die höchste Effizienz sorgen. Beispielsweise betragen die optimalen Temperaturen für das erste Szenario 95, 40 und 16 Grad Celsius, für das zweite aber 82, 58 und 48 Grad Celsius. Diese Anforderungen an die Arbeitstemperaturen gaben die Forschenden weiter an die Teams der verbundenen Unterprojekte, wo sie als Basis für die technische Weiterentwicklung der Anlagen dienten.

Zum Schluss berechnete das Team Citherlet, wie viel Energie sich durch den zukünftigen Einsatz der Adsorptionswärmepumpen überhaupt sparen liesse und welchen Einfluss das auf die Umwelt hätte. Ergebnis: Würden bis ins Jahr 2050 schon nur die betrachteten vier Szenarien flächendeckend eingeführt, würde das den Ausstoss von Klimagasen um bis zu fünf Prozent senken.



Produkte aus diesem Projekt

- Project THRIVE: Heat utilisation with solid sorption technology
Publikationsdatum: 15.07.15
- Project Poster: Heat Utilization with Solid Sorption Technology
Publikationsdatum: 30.11.-1
- https://www.flickr.com/photos/ibm_research_zurich/sets/7215765130869314/
Publikationsdatum: 30.11.-1
- Tests, simulation and validation of heat pumps applications
Publikationsdatum: 14.12.18
- Nutzen statt wegwerfen
Publikationsdatum: 22.07.15



Team & Kontakt

Prof. Stéphane Citherlet
Fachhochschule Westschweiz
LESBAT HEIG-VD
Avenue des sports 20
1401 Yverdon-les-Bains

+41 (0)79 785 73 02
stephane.citherlet@heig-vd.ch



Stéphane Citherlet

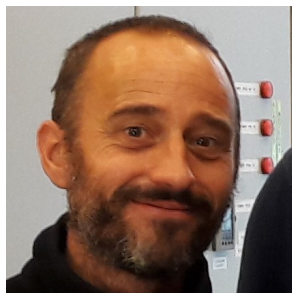


Bruno Michel

Stefan Bunea Mircea



Peter Burgherr



Alexis Duret



Frank Elimar



Martin Guillaume



Catherine Hildbrand



Xavier Jobard



Energie

Nationale Forschungsprogramme 70 und 71



Cyril M'Ahmed



Daniel Pahud

Alle Aussagen diesen Seiten bilden den Stand des Wissens per
17.12.2018 ab.