

## Neuartige Wärmepumpe nutzt Abwärme effizienter

**Eine mit Abwärme angetriebenen Wärmepumpe, die bis 2017 entwickelt werden soll, benötigt im Vergleich zu heutigen Kompressionswärmepumpen nur wenig Strom und kann zudem Abwärme effizient zur Klimatisierung von Gebäuden nutzen.**

Dr. Matthias Koebel,  
Building Energy Materials and Components  
Eidg. Materialprüfungs- und Forschungs-  
anstalt Empa, Dübendorf  
Telefon 058 765 47 80  
Matthias.Koebel@empa.ch  
www.empa.ch

Dr. Patrick Ruch  
IBM Research – Zürich  
Rüschlikon  
Telefon 044 724 89 23  
ruc@zurich.ibm.com  
www.zurich.ibm.com



Abwärme dank neuartiger Wärmepumpe noch effizienter nutzen?  
Ein interdisziplinäres Forschungskonsortium arbeitet an der Realisierung.  
Quelle: IBM

Rund die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs der Schweiz entfallen gemäss einer vom Bundesamt für Energie (BFE) in Auftrag gegebenen Studie auf die Wärmeerzeugung, etwa zum Heizen oder für zahlreiche technische Verfahren wie Trocknen, Schmieden oder Schmelzen. Der dafür benötigte Energiebedarf wird heute überwiegend durch fossile Energieträger gedeckt. Die dabei entstehende Abwärme wird meist ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Betrachtet man den Gesamtstromverbrauch, entfallen davon immer noch annähernd 40 Prozent auf die Erzeugung von Wärme und Kälte.

### Nutzen statt wegwerfen

Die Energiestrategie 2050 sieht den Ausstieg aus der Kernenergie, die heute 40 Prozent des Schweizer Stroms liefert, sowie eine drastische Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen vor. Dieses Ziel erfordert zwingend, vorhandene Energieressourcen effizienter zu nutzen und den Stromverbrauch nachhaltig zu senken.

Um dies zu ermöglichen, erforschen Wissenschaftler im «THRIVE»-Projekt («Thermally driven adsorption heat pumps for substitution of electricity and fossil fuels») neuartige so genannte Adsorptionswärmepumpen. Da für ihren Antrieb Wärme statt Strom verwendet wird, könnte die Technologie einerseits das Stromnetz entlasten, andererseits die Abwärme von z.B. Fabriken, Kraftwerken und Rechenzentren oder erneuerbaren Quellen wie Solarthermie, Geothermie und Biomasse nutzbar machen.

### Bisherige Wärmepumpen

Wärmepumpen dienen heute meist dazu, Umweltwärme, die eine Temperatur zwischen -5 und 15°C aufweist, in Heizwärme für Räume oder Prozesse aufzuwerten. Traditionelle Wärmepumpen entziehen der Umgebung Wärme, beispielsweise aus dem Erdreich oder der Luft, um ein Kältemittel in einem Verdampfer zu verdampfen. Der entstandene Dampf steigt in einen elektrisch betriebenen Kompressor, der ihn verdichtet und dadurch erhitzt. Im an-

### Interdisziplinäre Forschung für die «Energiewende»

Unter der Leitung von IBM Research-Zürich und der Hochschule für Technik Rapperswil entwickeln Wissenschaftler der Empa, der ETH Zürich, der HEIG-VD und des PSI gemeinsam mit Industriepartnern bis 2017 eine mit Abwärme angetriebene Wärmepumpe.

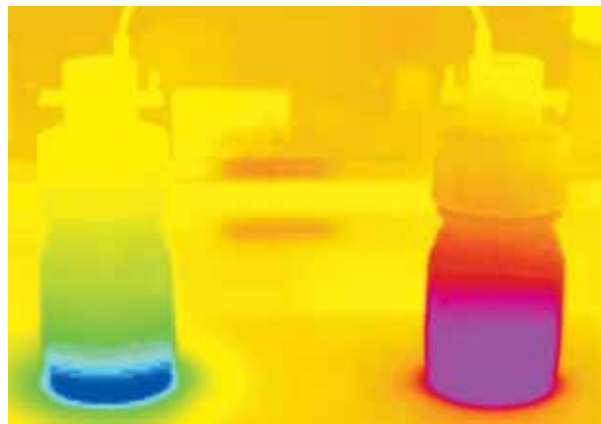
Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Energiewende» NFP 70 unterstützt der Schweizerische Nationalfonds (SNF) das interdisziplinäre Forschungsprojekt «THRIVE».

Das Projekt steht weiteren Industriepartnern auf Material-, Konstruktions- und Systemebene offen zur Zusammenarbeit.

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

[www.nfp70.ch](http://www.nfp70.ch) → Projekte – Gebäude und Siedlungen – Wärmenutzung durch Sorptionstechnologie

YouTube-Video über das Projekt:  
<https://youtu.be/6kuFYcbnTeg>



Je nachdem wie die Anlage betrieben wird, kann gekühlt oder gewärmt werden: In der Infrarotaufnahme blau bzw. rot erkennbar.  
Quelle: IBM Research

## Abwärmenutzung konkret

Bereits heute gilt im Kanton Zürich im Rahmen der energietechnischen Vorschriften eine Pflicht zur gebäudeinternen Abwärmenutzung, insbesondere bei Kälteanlagen in gewerblichen und industriellen Prozessen (BBVI). Die Abwärmenutzung zur Steigerung der Energieeffizienz kann auch Teil einer Zielvereinbarung mit Energiegrossverbrauchern sein.

Fallen künftig vermehrt grosse Abwärmemengen von hoher Temperatur an, z.B. bei grossen Photovoltaikanlagen und immer grösser werdenden Rechenzentren, so ist es nicht nur sehr effizient, sondern auch im Interesse der Betreiber, diese konzentriert anfallende Energie zu nutzen.

Ausserdem geschieht heute im Kanton Zürich schon einiges im Bereich der externen Abwärmenutzung aus Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) und Abwasserreinigungsanlagen (ARA): Fast immer ist dafür die Grundlage die kommunale Energieplanung. Mit dieser scheiden Gemeinden Wärmeversorgungsgebiete aus, die insbesondere bei Massnahmen der Raumplanung als Entscheidungsgrundlage dienen (§ 7 EnerG). Die Broschüre «Energie & Gemeinden» stellt das Vorgehen, die rechtlichen Grundlagen, Umsetzungsbeispiele und nützliche Grunddaten der Energieplanung dar.

Gerade bei der externen Abwärmenutzung sind die kritischen Punkte Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit (z.B. nur Sommerhalbjahr oder betriebsabhängige Schwankungen) sowie die Nähe geeigneter Abnehmer. Darum gibt es ausser KVA und ARA wenige Abwärmequellen, die von Dritten genutzt werden können. Mit eigener Wärme innerbetrieblich zu kühlen ist daher der Idealfall.

[www.energie.zh.ch](http://www.energie.zh.ch)

schliessenden Kondensator verflüssigt sich der Dampf wieder und gibt die Wärme an einen Heizkreislauf ab. Mit diesem Prozess kann sowohl Wärme für die Klimatisierung von Räumen als auch Kälte wie in einem Kühlschrank produziert werden.

### Neu: statt mit Strom mit Wärme betreiben

Die thermisch betriebene Adsorptionswärmepumpe funktioniert ähnlich. Der grosse Unterschied ist, dass sich anstelle des Kompressors ein Adsorptionswärmetauscher befindet, der anstatt Elektrizität Wärme bei einer Temperatur ab 60°C als Antriebsenergie nutzt.

Während des so genannten Adsorptionsprozesses werden von dem Adsorptionswärmetauscher erhebliche Mengen Dampf aus dem Verdampfer aufgenommen (adsorbiert) und dabei im Inneren des Wärmetauschers verdichtet, wodurch Wärme freigesetzt wird. Über die Zufuhr der Antriebswärme von einer äusseren Quelle wird das zuvor adsorbierte Kältemittel wieder aus dem Adsorptionswärmetauscher ausgetrieben (desorbiert). Der dadurch freigesetzte heisse Dampf wird im Kondensator wieder verflüssigt und die entsprechende Kondensationswärme an den Heizkreislauf abgegeben (Fotos rechts).

### Kältemittel nicht mehr nötig

Auch die Adsorptionswärmepumpe kann sowohl heizen als auch kühlen. Da die Kälte- bzw. Wärmeerzeugung diskontinuierlich erfolgt, sind mindestens zwei parallel arbeitende Adsorptionswärmetauscher für den unterbrechungsfreien Betrieb notwendig.

Durch ihren geringen Stromverbrauch erreichen Adsorptionswärmepumpen

im Vergleich zu herkömmlichen Wärmepumpen ein Mehrfaches der erzeugten Kälte- bzw. Wärmeleistung im Verhältnis zur eingesetzten elektrischen Leistung. Ausserdem kann als Kältemittel reines Wasser anstelle von zum Teil wenig umweltfreundlichen Kältemitteln genutzt werden.

Ein weiterer Vorteil der Technologie ist, dass erneuerbare Wärmequellen verwendet werden können, zum Beispiel solarthermische Anlagen, die typischerweise Temperaturen von bis zu 90°C erzeugen.

### Mit einem Rechenzentrum Gebäude heizen und kühlen

Durch die Wärmenutzung eignet sich die Adsorptionswärmepumpe für viele interessante Anwendungen, in denen herkömmliche Wärmepumpen nicht sinnvoll sind. Sie könnte zum Beispiel die Abwärme aus zukünftigen aktiv gekühlten konzentrierten Photovoltaikanlagen oder heisswassergekühlten Rechenzentren nutzen, um Büro- und Wohngebäude zu klimatisieren.

Das Aquasar-Computersystem, das von IBM Forschern in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich entwickelt wurde, ist ein Vorreiter für die Heisswasserkühlung von Computersystemen, die nicht nur den Energiebedarf für die Kühlung in Rechenzentren massiv senkt, sondern auch eine Abwärmenutzung ermöglicht.

Für die IBM Forscher ist «THRIVE» der nächste Schritt, um dies Realität werden zu lassen. Rechenzentren könnten sich dann mit der eigenen Abwärme praktisch selber kühlen.