

ABSORPTIONSKÄLTEMASCHINE

Kälte aus Wärme



Rohre + Behälter, dann noch Drücke + Temperaturen, im Mix mit Flüssigkeiten + Gasen und fertig ist die Absorptionskältemaschine

Bild: sfe-co2 / thinkstock

Der Traum von Kälte durch Wärme kann durch verschiedene Prozesse wahr werden. Wir stellen die Absorptionskältemaschine vor. Sieht man mal von den hohen Temperaturen ab, ist der Prozess kein Hexenwerk. Aber schauen Sie mal.

Grundlage der Überlegung ist erst einmal, dass eine Flüssigkeit Energie benötigt, um zu verdampfen. Träufelt man sich zum Beispiel hochprozentigen Alkohol auf die Haut, so ist der kühlende Effekt bekannt. Die meisten kennen auch die Eisbildung beim Verdampfen von Flüssiggas aus Stahlflaschen. Der Aggregatzustandswechsel ist also der Schlüssel zum Kühlen.

VERDAMPFEN DURCH ABSORPTION

Der Alkohol verschwindet tatsächlich von der Hautoberfläche, indem dieser verdampft. Hier sei als Beispiel der Ethylalkohol mit einer Siedetemperatur von etwa 35 °C genannt. Der flüssige Alkohol nimmt dabei begierig Energie auf, in diesem Beispiel Körperwärme. Diese Körperwärme wird in immer mehr Bewegungsenergie umgesetzt, bis die Alkoholteilchen

zu fliegen beginnen, also gasförmig vorliegen. Methan als Flüssiggas würde bereits bei -162°C gasförmig. Die Energie zum Verdampfen des Methans stammt aus der Umgebung und führt auch schon mal zum Vereisen der Stahlflasche. Zusammenfassend ist daher die wichtigste Voraussetzung für herkömmliche Kühlprozesse das Verdampfen einer Flüssigkeit: Die **☞ Verdampfungswärme löst die Kühlung aus.**

ABSORPTIONSPROZESS

Um die Funktion einer Absorptionskältemaschine zu verstehen, sollte der Vorgang der Absorption bekannt sein. Absorption meint umgangssprachlich das Aufsaugen eines Stoffes. In diesem speziellen Kälteprozess sind zwei Stoffe, die sehr leicht eine sehr innige Verbindung eingehen, in einem Behälter zusammen untergebracht. Einer der beiden Stoffe, nämlich Lithiumbromid, ist gierig danach, den anderen Stoff, nämlich Wasser, komplett aufzunehmen, zu absorbieren. Das Wasser für diese Absorption wird flüssig in diesen Behälter eingesprüht. Es verdampft, wie der eben erwähnte Alkohol, auf der Oberfläche eines Wärmetauschers. Der Kühleffekt auf diesem Wärmetauscher ergibt sich, ebenso wie beim Verdampfen des Alkohols auf der Haut, durch die Umsetzung von Wärmeenergie in Bewegungsenergie. Diesem Wärmetauscher wird also Wärmeenergie entzogen. Das nun dampfförmige Wasser kann in dieser Phase von dem gierigen Lithiumbromid aufgenommen, also absorbiert werden.

DIE LÖSUNG ZUR LÖSUNG

Man könnte diesen Prozess ständig fortsetzen, indem man immer wieder flüssiges Wasser über den Wärmetauscher fließen lassen würde, um es dann anschließend von einer gierigen Lithiumbromidlösung absorbieren zu lassen. Das Problem wäre nur: Die Lithiumbromidlösung ist irgendwann gesättigt mit Wasser und die Neigung, weiteres Wasser aufzunehmen vergeht gänzlich. Ähnlich wie bei einem gewöhnlichen Schwamm ist bei Sättigung keine Aufnahme von Feuchtigkeit mehr möglich. Man müsste also neues Lithiumbromid mit wenig gelöstem Wasser in den Behälter schütten um den Prozess fortzusetzen.

Nur, woher nehmen? Um den Kühlprozess aufrecht zu erhalten, muss dem Lithiumbromid aus dem eben beschriebenen Behälter das Wasser wieder entzogen werden, damit man es wiederum gierig auf Saugtour schicken kann. Entfernen kann man das Wasser aus dieser Lösung durch Erwärmung. Man schafft also tatsächlich mit kleiner Pum-

penleistung diese wassergesättigte Lösung in einen anderen Behälter. Hier herrscht eine derart hohe Temperatur, dass das enthaltene Wasser wieder verdampft. Lithiumbromid wird also für die Aufgabe als Absorptionsmittel wieder bestens vorbereitet bis auf die Tatsache, dass das Stoffpaar in diesem Moment ein wenig zu heiß ist.

GETRENNT UND WIEDER BEREIT

Die zuvor erfolgte Erwärmung hat die beiden Stoffe voneinander getrennt. Wasser liegt dampfförmig vor und schwebt über der heißen Lithiumbromidlösung. Das Lithiumbromid ist wieder in der Lage, Wasser aufzunehmen, wenn dieses Wasser eben nicht so heiß wäre. Also erfolgt eine Kühlung des eben noch absichtlich verdampften Wassers, bis es kondensiert. Wichtig ist es, die dabei entstehenden Wassertropfen dort aufzufangen, wo diese auch leicht abgeführt werden können. Würden diese Tropfen zurück in die Lithiumbromidlösung fallen, so hätte man für diesen Prozess nichts gewonnen. Das Ergebnis ist, bei einigem Geschick: Die Ausgangsstoffe sind wieder vorbereitet. Wasser zur Verdunstungskühlung und gieriges Lithiumbromid zur Absorption (Aufnahme) des Wasserdampfes.



Eine Absorptionskältemaschine in der Praxis

AB IN DEN KREISVERKEHR

Die Sache scheint nicht nur rund, sondern diese Vorgänge zusammengenommen ergeben tatsächlich einen Kreisprozess, wie in der Darstellung gezeigt:

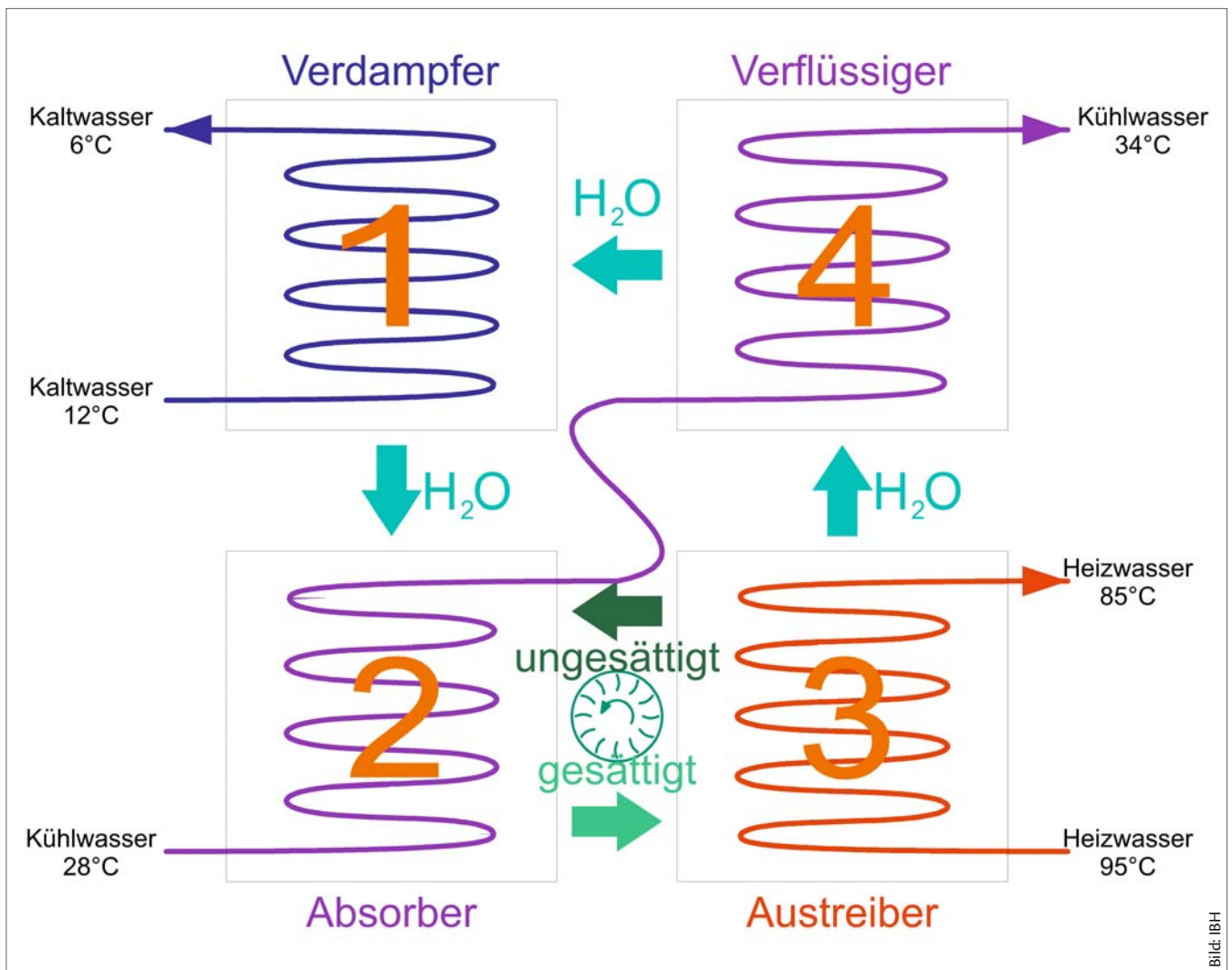


Bild: IBH

Die Absorptionskältemaschine schematisch dargestellt

Der Kreisprozess beginnt im Verdampfer (1), wo flüssiges Wasser, das über einen Wärmetauscher gesprüht wird, die eigentliche Kälteleistung erzeugt. Das verdampfte Wasser wird durch das gierige Lithiumbromid aufgesaugt, gewissermaßen also in dem namensgebenden Absorber (2) absorbiert. Diese wasserreiche Lösung Lithiumbromid wird dann in einen anderen Behälter, den sogenannten Austreiber (3) gepumpt. Zur Optimierung des Prozesses muss hier leider noch ein wenig mit elektrischem Strom für zumindest diese Pumpe nachgeholfen werden. Hier wird ein Teil des Wassers unter Hitze aus der Lithiumbromidlösung ausgetrieben. Es wird also Wärmeenergie von außen zugeführt. Dabei kann es sich beispielsweise um kostengünstige Solarenergie oder Abwärme eines Turbinen-Kraftwerks handeln.

Nach diesem Prozess-Schritt ist Lithiumbromid wieder aufnahmebereit für das soeben ausgetriebene Wasser und wird zurückgepumpt in den Absorber (2).

Im Prozess selbst befindet sich noch das viel zu heiße Wasser. Es soll eigentlich kühlen und wird daher mittels Kühlschlangen von außen gewissermaßen zu diesem Zweck vorbereitet.



FILM ZUM THEMA

Ein sehr gute
 Animation
 zeigt den Prozess
 nochmals



➔ www.sbz-monteur.de ➔ Das Heft ➔ Filme zum Heft

Das dampfförmige Wasser wird gekühlt, bis es sich letztlich als Tröpfchen im Verflüssiger (4) kondensiert. Je nach Aufwand und Ziel werden hierzu riesige Kühler benötigt.

Flüssiges Wasser, soeben als Tröpfchen eingesammelt, kann jetzt wieder in den Behälter mit der aufnahmefähigen Lithiumbromidlösung zurückgesprüht werden, um dann wieder auf dem Wärmetauscher zu verdampfen und in Lithiumbromid gelöst zu werden.

WO IST DER HAKEN?

An einer Stelle der Beschreibung wurde ein wenig geschummelt oder eben noch nicht die ganze Wahrheit verbreitet. Der Punkt 1 im Verdampfer beschreibt das Wasser, wie es auf einen Wärmetauscher gesprüht wird und verdampft. Aber warum sollte Wasser bei zum Beispiel 4°C in diesem Wärmetauscher verdampfen?

Der Trick, es bei 4°C verdampfen zu lassen, ist das Vakuum. Der Raum für diesen Teil des Prozesses ist zu einem erheblichen Anteil vom Druck befreit, also evakuiert. Während Wasser in Normumgebung, bei rund 1013 mbar Druck, erst bei den bekannten 100°C dampfförmig wird, kann Wasser bei niedrigeren Drücken auch unterhalb dieser Temperatur verdampfen. Im Verdampfer herrscht daher ein Druck von beispielsweise nur 10 mbar (gegenüber 1013 mbar normalem Umgebungsdruck). Wasser verdampft bei diesem niedrigen Druck bereits bei rund 10°C. Und mit 10°C lässt sich tatsächlich einiges aus der herkömmlichen Anlagentechnik kühlen.

ZWEI WIE PECH UND SCHWEFEL

Die eingesetzten Stoffpaare müssen gut miteinander harmonieren. Es sind im Wesentlichen zwei Arbeitsstoffpaare von Bedeutung. Ein Paar ist

- Wasser mit Lithiumbromid und der Anwendung für Klimaanlageanlagen sowie Wärmepumpen
- Das andere Doppel besteht aus Ammoniak und Wasser zur Kälteerzeugung mit sehr niedrigen Temperaturen (bis -60°C).



Kälteanlage mit 15 kW Kühlleistung bei nur 0,3 kW elektrischer Antriebsleistung für die Pumpe

Der skizzierte Prozess ist durch einige Detaillösungen verfeinert worden. In der Praxis ist es für die Effizienz dieser Prozesse wichtig, dass das Verhältnis von zugeführter Wärmeleistung und daraus resultierender Kälteleistung optimiert wird. Die Darstellungen zeigen daher nur schematisch den Ablauf des Kreisprozesses.

WO IST DER NUTZEN?

Der herkömmliche Kälteprozess, etwa im Kühlschrank, läuft mittels Kompressor ab. Der Kompressor benötigt in der Regel elektrischen Strom zum Antrieb. Der Absorptionskälteprozess benötigt jedoch Wärmeenergie und untergeordnet ein wenig Pumpenenergie. Es lassen sich die tollsten Einsatzgebiete erspinnen:

- Klimaanlageanlagen, die über Solaranlagen gespeist werden. Effekt: Umso mehr Sonnenglut angeboten wird, desto mehr Kälte kann erzeugt werden.
- Klimaanlageanlagen, die von der Abwärme anderer Prozesse in Betrieb gehalten werden. Die Antriebsenergie in Form von Strom ist im Verhältnis zum Kälteprozess mithilfe von Kompressoren sehr gering.
- Wärmepumpen mit geringem Strombedarf

GIBT'S NOCH WAS?

Neben dem Nutzen, Kälte zu produzieren, hat dieser Prozess noch eine weitere verblüffende Möglichkeit zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Beheizung von Gebäuden parat. Wenn der Nutzen einer herkömmlichen Heizungsanlage gesteigert werden soll, kann durchaus der skizzierte Prozess der



DICTIONARY

Kühle	=	chill
Kühlmaschine	=	refrigerator
verdampfen	=	evaporate
Wärmetauscher	=	heat exchanger



Bild: EST

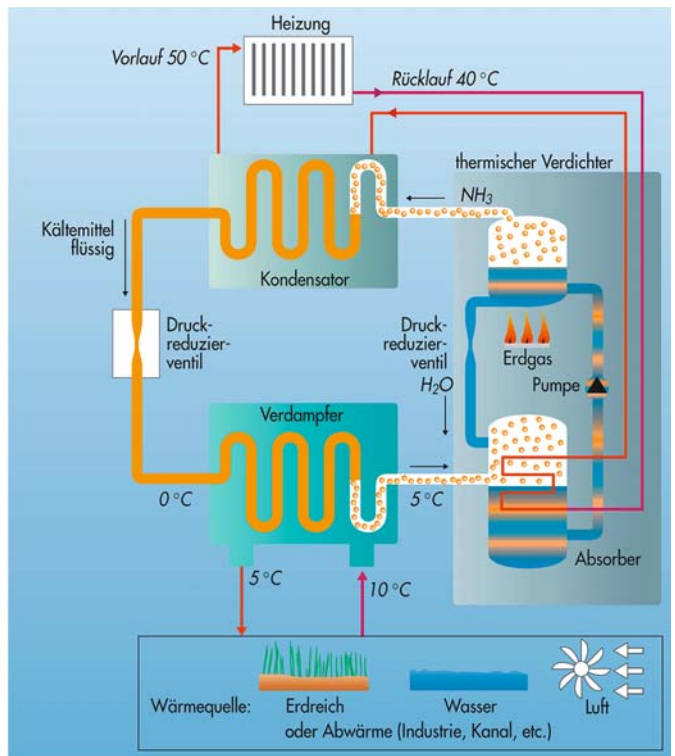
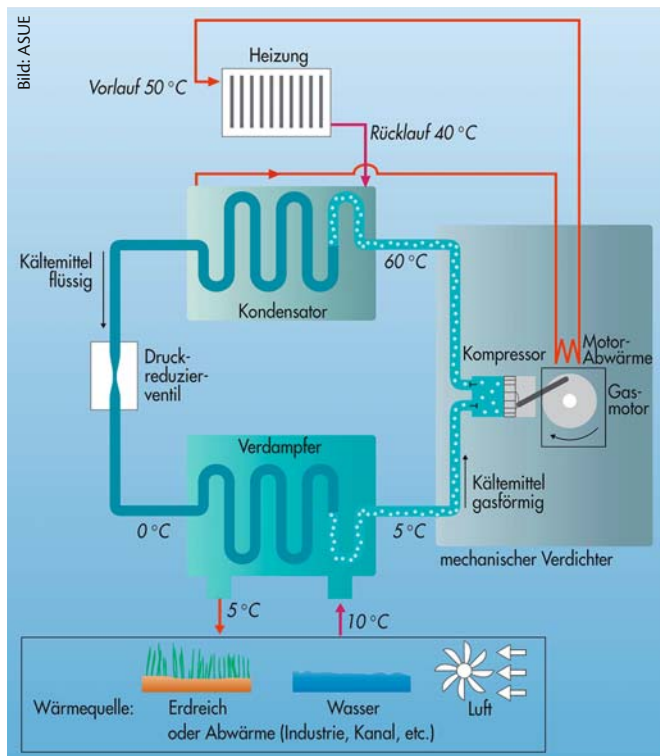
Absorptionswärmepumpe mit dem Gewinn an Wärme als Ziel

Absorptionskältemaschine integriert werden. Anstatt Kälte zu liefern, kann mit diesem Prozess Wärme aus der Umwelt entzogen werden. Also da wo in dem beschriebenen Prozess die Kälteleistung abgezwickelt wird, könnte man selbst

bei niedrigen Außentemperaturen noch Energie aus der Umwelt gewinnen und beispielsweise zur Beheizung eines Wohnhauses nutzen. Der Wirkungsgrad eines gewöhnlichen Brennwertkessels ließe sich auf über 130 % steigern. Damit dürfte klar sein: Auch die Absorptionskältemaschine kann bei entsprechender Auslegung als Absorptionswärmepumpe funktionieren. Je nach Standpunkt ist es wie mit dem Kühlschrank in der Küche: Ist der Nutzen das sauer verdiente, eisgekühlte Glas Milch nach Feierabend oder die Abwärme hinter dem Kühlschrank, die einem durch die ständige Konvektion die Tapete schwärzt?

Der gute alte Campingkühlschrank arbeitet übrigens auch nach dem Prinzip der Absorptionskältemaschine. Da man auf die kältetechnische Optimierung des Prozesses weniger Wert gelegt hat, verzichtet man bei diesem Typ komplett auf elektrische Energie zum Antrieb einer Pumpe. Der Prozess läuft ausschließlich über die Zugabe von Wärmeenergie und der Stofftransport dieses Prozesses erfolgt über Dichteunterschiede der abwechselnd erhitzten und gekühlten Medien (Ammoniak gelöst in Wasser).

Der größte Vorteil dieser Konstruktion besteht darin, dass gänzlich auf Strom verzichtet werden kann.



Das Suchbild: Wo liegen die Unterschiede zwischen Kompressions- und Absorptionskälteprozess?