

Entwicklungsstand und Potential der Sorptions-Wärmepumpe

Dr.-Ing. Wolfgang Stahlberg, Dipl.-Ing. Gerhard Wolf

IZW e.V. – Informationszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik, Herdecke

Einführung

Der drastische Anstieg der Rohölpreise hat die Diskussion über Energieeinsparmassnahmen wieder neu belebt. Damit kommen auch Wärmepumpen erneut ins Gespräch. Elektro- und auch Gaswärmepumpen haben in den letzten Jahren eine deutliche technische Weiterentwicklung erfahren, dennoch ist ihr Marktanteil zur Zeit gering. Während Elektrowärmepumpen eine relative Bedeutung haben, ist die Gaswärmepumpe nur in einem geringen Maß vertreten. Aber sie hat die Herausforderung ihrer Mitwettbewerberin angenommen. Insbesondere sind bei den gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen in Deutschland die folgenden Typen auf dem Markt vertreten bzw. in der Entwicklungsphase:

- Absorptionswärmepumpen
- Diffusionsabsorptionswärmepumpen
- Adsorptionswärmepumpen.

Bei der Gaskompressionswärmepumpe gibt es zur Zeit keine Aktivitäten, zumindest nicht in dem Bereich Wohnungsnutzung. Honda sowie Fichtel & Sachs hatten Ansätze mit einem kleinen Gasmotor gemacht, jedoch hat die Kostensituation nicht zu weiteren Maßnahmen geführt.

Einflussgrößen

Von Wärmepumpen wird eine hohe energetische und ökologische sowie eine hohe ökonomische Effizienz angestrebt und erwartet. Das Erreichen dieser „Zielgebiete“ hängt im wesentlichen von folgenden Einflussgrößen ab:

- Energiepreise
- technologische Verbesserungen
- Material- und Lohnkosten
- Energie- und Umweltpolitik

Der Barrelpreis für Rohöl hat sich innerhalb eines halben Jahres von 10 \$/Barrel auf 30 \$/Barrel erhöht, weil die Mengen politisch begrenzt, d. h. künstlich verknappt wurden. Mit dem Druck von Energiesparmaßnahmen kann eine gewisse Lockerung

eintreten, dann gibt es jedoch wieder Überkapazitäten und der Kreislauf beginnt von neuem. Die Preise sinken und es lohnen sich natürlich dann auch wieder keine Energieeinsparung mehr. Nicht nur Überkapazitäten auch die Globalisierung des Strom- und Gasmarktes führen zu wechselnden Einflüssen. Lediglich das Bedürfnis der Ressourcenschonung und die Bewahrung der fossilen Kohlenwasserstoffe können in diesem Zusammenhang Energiesparmaßnahmen initiieren.

Technologische Verbesserungen sind ein erklärtes Ziel. Sie haben über Jahre kontinuierlich zu einer Verbesserung der Heizzahlen geführt. Auch bei den Alternativen zur Wärmepumpe, BHKW, Brennstoffzellen, Solartechnik etc., sind allerdings gleichermaßen in den letzten Jahren mit gutem Erfolg Verbesserungen erreicht worden.

Steigende Material- und Lohnkosten können zu großen Schwierigkeiten führen. Es ist oft vorgekommen, dass technologische Verbesserungen von Wärmetauschern, von Prozessen, von elektronischen Steuerungen etc. plötzlich wieder durch höhere Material- und Lohnkosten zunichte gemacht worden sind.

Die Einflüsse der Energiepolitik und der Umweltpolitik sind offensichtlich und wirken direkt. Die Förderung von Maßnahmen zur Energieeinsparung, zur CO₂-Minderung und zur Reduzierung von Schadstoffemissionen haben durch die Schaffung „positiver“ Rahmenbedingungen unmittelbar Einfluss auf die Entwicklung moderner Technologien wie der Gaswärmepumpe und der Elektrowärmepumpe.

Absorptionswärmepumpen

Elektrowärmepumpe und Gasabsorptionswärmepumpe unterscheiden sich wesentlich durch den Antrieb. Dem elektrisch betriebenen Verdichter bei der Elektrowärmepumpe stehen bei der Absorptionstechnik ein thermischer Antrieb, bestehend aus Austreiber, Absorber, einer Lösungspumpe, die den Kreislauf in Gang hält, und einem Drosselement zwischen Hochdruck- und Niederdruckseite gegenüber (siehe Abb. 1). Bei beiden Technologien gibt es einen Kondensator und einen Verdampfer für das Kältemittel, mit der entsprechenden Kondensationswärmeabgabe und dem Wärmeeintrag aus der Umwelt in den Verdampfer.

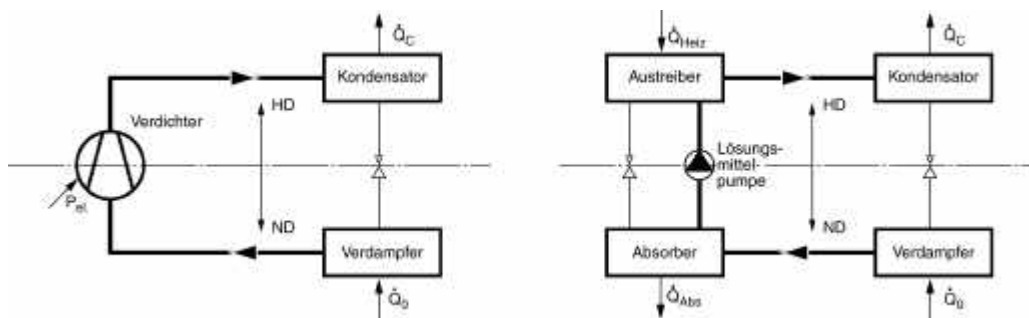


Abbildung 1: Vergleich von Kompressions- und Absorptionskälteanlage

Die geforderten Verbesserungen der Technologie führen zu einem Absorptionsprozess, der durch eine Verschaltung zahlreicher Wärmeaustauscher, ein sehr komplexes Schema ergibt und ein hohes Maß an Effizienzsteigerung darstellt. In einer größeren Zahl von Wärmetauschprozessen kommt die Arbeit der letzten Jahre zum Ausdruck (siehe Abb. 2).

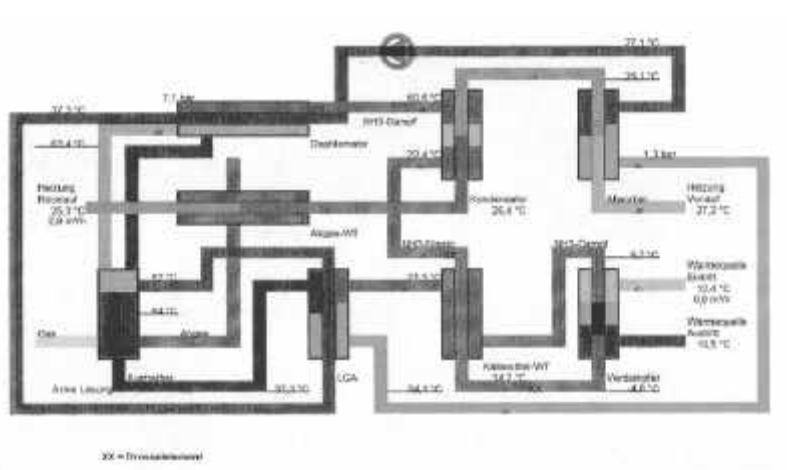
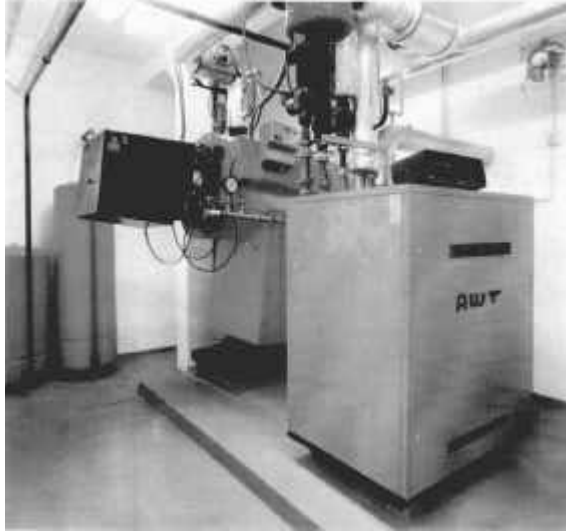


Abbildung 2: Weiterentwickelte Absorptionsanlage mit mehreren Wärmetauschern

Eine Gaswärmepumpe hat äußerlich Ähnlichkeit mit einer Elektrowärmepumpe. Das Gehäuse mit einem Schaltkasten gibt zunächst keinen Hinweis auf die Technologie. Doch der nachgeschaltete Gas-Brennwertkessel lässt auf eine moderne Gasanwendung schließen. Abb. 3 zeigt eine Gasabsorptionswärmepumpe der AWT GmbH, Iserlohn, mit 40 kW Wärmeleistung zusammen mit einem Brennwertkessel der Viessmann Werke, Allendorf, mit 100 kW Leistung zur Spitzendeckung bei einer Anwendung im Hallenbadbereich.



**Abbildung 3: Gasabsorptionswärmepumpe mit 40 kW Wärmeleistung
(Quelle: AWT GmbH)**

Eine kontinuierliche Entwicklungsarbeit hat dazu geführt, daß eine beachtliche Verbesserung der Heizzahlen bei der o.a. Absorptionswärmepumpe zu verzeichnen ist. Ausgehend von einer Heizzahl von 1,3 bei Entwicklungsbeginn, sind wir heute im Jahr 2000 bei 1,5.

Durch Kooperation der AWT GmbH in Iserlohn mit der Firma Robur, Evansville, USA, einem Hersteller von gasbetriebenen Absorptionswasserkühlsätzen, und mit dessen deutscher Vertretung, der Gesellschaft für GasKlima, Maintal, zeichnet sich die Möglichkeit einer weiteren Heizzahlsteigerung und zugleich einer Kostenreduzierung ab. Die Robur-Wasserkühlsätze haben den sogenannten GAX (Generator Absorber Heat Exchanger) - Wärmetauschkreislauf integriert, also eine Verbindung zwischen Generatorkreislauf und Absorberkreislauf, mit der eine Wirkungsgradverbesserung von 37 % erreicht wird. Dieses Ergebnis ist in der amerikanischen Presse groß propagiert worden. Die Geräte sind in Deutschland 1998 auf den Markt gekommen.

Durch die Kooperation zwischen AWT und Robur ist aus dem Wasserkühlsatz von Robur eine Wärmepumpe entwickelt worden, deren Heizzahl im Bereich 1,5 und teilweise auch darüber liegt. Darüber hinaus hat die Zusammenarbeit den Vorteil, daß man auf größere Stückzahlen aus der Wasserkühlsatzproduktion zurückgreifen kann, wo durch die Kosten um ca. 10.000,- DM pro Gerät geringer sein können.

Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe DAWP

Die Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe aus dem Hause Buderus, Wetzlar, hat keine Lösungspumpe mehr, keinen Antrieb des Kältemittelkreislaufs nach konventioneller Art, sondern zwischen Absorber und Verdampfer wird mit Helium als Hilfgas durch eine Bauhöhe von 1,93 m eine Auftriebssäule erzeugt, d. h. ein Blasenpumpeneffekt. Ein System, das technisch elegant ist - ohne bewegliche Teile -, welches dadurch aber in der Leistungsgröße begrenzt ist (siehe Abb. 4). Helium als Hilfgas ermöglicht ferner durch einen geringeren Ammoniakdruck im Verdampfer die Verdampfungstemperaturen zu erniedrigen. Verdampfungstemperaturen bis -25 °C erlauben dann auch bei niedrigen Temperaturen, Wärme in den Kreislauf einzukoppeln, wodurch die Heizzahlen im Bereich der niedrigen Wärmequellentemperaturen begünstigt werden.

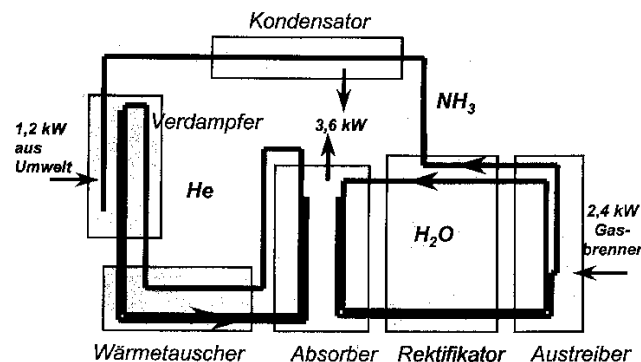


Abbildung 4: Schema einer Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe DAWP

Ein Modul (Abb. 5) hat eine Heizleistung von 3,6 kW bei 1,93 cm Höhe, 56 cm Breite, 24 cm Tiefe und einem Gewicht von 120 kg. Mit dem Gerät kann man Heizen, Warmwasser bereiten und Kühlen. Eine Umweltwärmeeinkoppelung von 1,2 kW und ein Gaseinsatz von 2,4 kW führen zu einer Heizzahl von 1,5. Die Umweltwärmeeinkoppelung entspricht der Kühlleistung von 1,2 kW.

Dieses Gerät ist in der Schweiz von Dr. H. Stierlin, Firma DAWP Creatherm AG, jetzt Electrolux, entwickelt worden. Basis waren die Absorptionskühlschränke, die im Campingwagen, aber auch in jedem Hotel eingesetzt werden, weil sie sehr leise sind und mit Helium als Hilfgas arbeiten. Die Lizenz hat Buderus gekauft. Die Wärmepumpen werden jetzt bei der Tochtergesellschaft Nefit in den Niederlanden hergestellt. Stand der Technik ist, dass jetzt 60 Wärmepumpen als Feldtestgeräte in den Niederlanden im Einsatz sind und weitere 40 zur Zeit in Deutschland installiert werden. Die ersten Erfahrungen sind positiv.



Abbildung 5: Ausgeführte DAWP (Quelle: Buderus)

Für die Feldtestserie ist das Gerät mit einem 11-kW-Brennwertkessel gekoppelt worden (siehe Abb. 6). Beim Einsatz im Einfamilien-Niedrigenergiehaus kann mit 3,6 kW Leistung der gesamte Heizwärmebedarf abgedeckt werden. Bei Häusern mit einem höheren Wärmebedarf kann dieser in der Übergangszeit auch weitgehend ganz ausgeglichen werden, aber für die Warmwasserbereitung hat man mit Sicherheit, um das Wasser schnell aufzuheizen, einen höheren Leistungsbedarf. Deshalb wurde der 11-kW-Brennwertkessel integriert. Im Wärmepumpenbetrieb werden durchaus Heizzahlen von 1,5 erreicht und insgesamt mit dem Kessel ergibt sich ein Jahresnutzungsgrad von 132 %. Dem gegenüber ist der Brennwertkessel alleine mit 107 % anzusetzen. Die Verquickung zeigt, dass selbst für den Fall, dass die Wärmepumpe nicht den vollen Wärmebedarf decken kann, doch noch eine recht ordentliche Heizzahl erreicht wird.

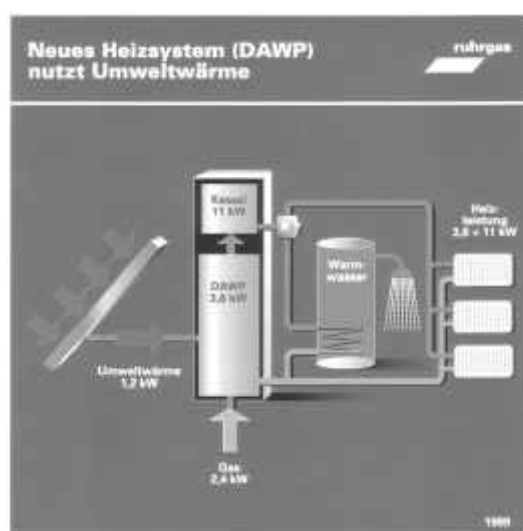


Abbildung 6: Heizsystem mit DAWP und Gas-Brennwertkessel

Eine kurze Zusammenfassung zur Buderus-DAWP:

Selbständiger Prozessablauf bei Wärmezufuhr, keine bewegten Teile, geräuschlos, wartungsfrei. Gegenüber dem Brennwertkessel gibt es noch einmal einen Wirkungsgradvorteil von 25 %. Gebäudeheizung und Gebäudekühlung sind möglich. Die Felderprobung hat begonnen. Also eine vielversprechende Anwendung, ein vielversprechendes Gerät mit einem namhaften Hersteller im Rücken.

Adsorptionswärmepumpe

Ein weiterer namhafter Hersteller, die Firma Vaillant, Remscheid, befasst sich mit einer Adsorptionswärmepumpe, die aber technisch noch nicht soweit fortgeschritten ist. Es handelt sich hier um eine Vorentwicklung mit einer Designstudie. Man hat Überlegungen angestellt, wie man mit einem einfacheren Kreislauf, durch Einsatz der Adsorptionstechnik, ein hohes Maß an Energieeinsparung erreicht (siehe Abb. 7).

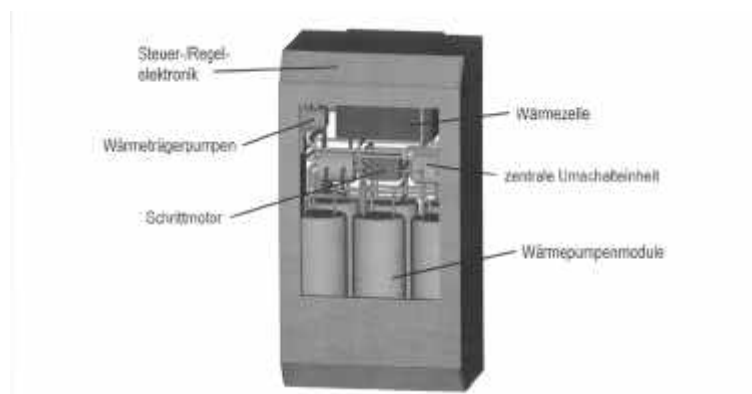


Abbildung 7: Design-Studie Zeolith-Wass-Wärmepumpe (Quelle; Vaillant)

Der Adsorptionsprozess arbeitet mit einem Granulat aus Zeolith, an das Wasser als Kältemittel angelagert, d. h. adsorbiert wird. Durch Wärmezufuhr wird das Wasser wieder freigesetzt, desorbiert, und dann nach der Kondensation im Verdampfer als flüssige Kältemittel verdampft, wobei Wärme aus der Umwelt aufgenommen wird, so wie wir das von der Absorption auch her kennen. Da aber hier ein Feststoff das sogenannte Adsorbens ist, spricht man von Adsorption. Nach der Designstudie erscheint die Bauweise relativ einfach. Dieses Gerät besteht aus sechs Modulen (siehe Abb. 8).

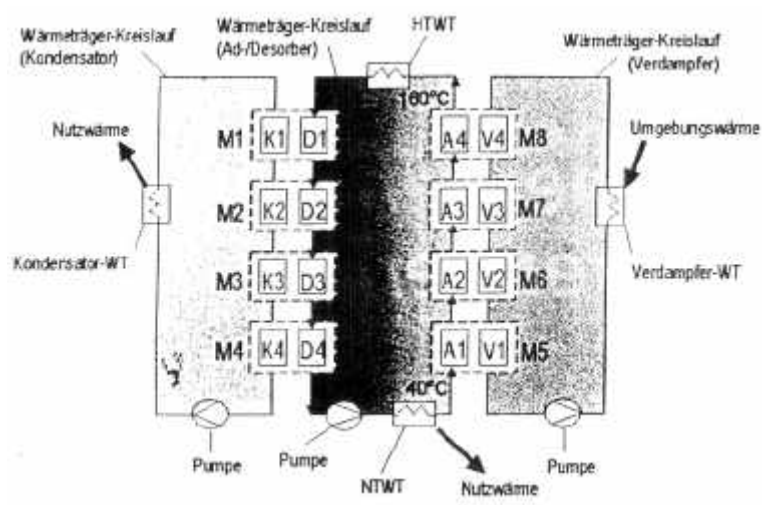


Abbildung 8: Schema einer Absorptionswärmepumpe in Modulbauweise nach Abb. 7

In dem Fall der Absorptionswärmepumpen handelt es sich um einen Kreisprozess. Der Adsorptionsprozess verläuft jedoch periodisch. Man wandelt den Prozess in einen Kreisprozess um, indem man mehrere Module installiert, von denen man zwei immer paarweise, einmal als Desorber und einmal als Absorber arbeiten lässt. Die einzelnen Module haben 150 mm Durchmesser und 800 mm Länge. Der Prozess wird von einem Schrittmotor gesteuert. Das Gerät mit etwa 5 bis 10 kW Wärmeleistung, das durchaus wie ein Kessel aussieht, wäre wunderbar zu integrieren.

Die Weiterentwicklung besteht im wesentlichen auch darin, dass man den Wärmeübergang einfacher und effizienter gemacht hat. Man nimmt Rippenrohre mit einer geringen Spaltbreite, die Spalte sind nicht größer als die Granulatstärke, so dass nur eine äußerst dünne Granulatschicht auf den Rippen liegt. Damit werden ein sehr guter Wärmeübergang und eine gute Eindringtiefe erreicht. Früher musste man bei den Zeolith-Geräten von großen Abmessungen und großen Gewichten ausgehen. Das Problem hat man jetzt mit dieser eleganteren Technik gelöst.

Durch die Modulschaltung hat man auch die Möglichkeit höhere Heizzahlen zu realisieren. Einen Hinweis auf die zu erwartenden Heizzahlen gibt Abb. 9. Bei acht verschalteten Modulen und einem Heiznetz von 40°/30° kann man also durchaus bei höheren Umgebungstemperaturen zu einem Wärmeverhältnis in dem Bereich von 1,5 bis 2 kommen. Nach der Erwartung wäre das allerdings der beste Fall. Wenn doch auch noch einiges an Entwicklungsarbeit zu leisten ist, wird man aber sicher auch wieder den Bereich von 1,5 erreichen, in dem man sich schon derzeit tummelt.

Dieses Jahr soll das erste Gerät für einen ersten Einsatz im Feldtest gebaut werden.

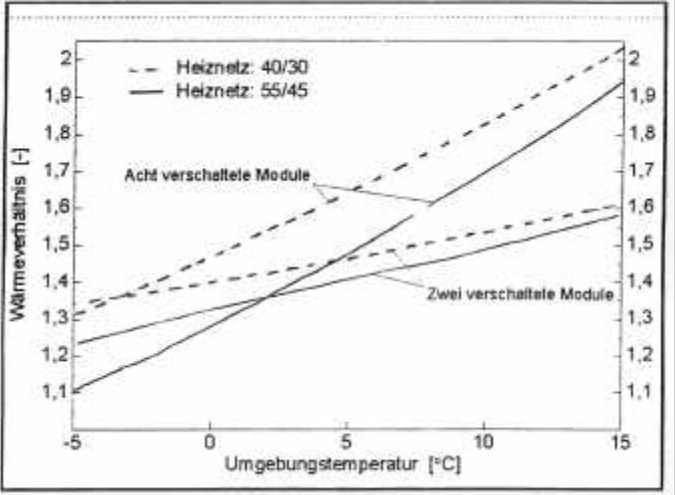


Abbildung 9: Berechneten Heizleistungszahlen der Absorptionswärmepumpe nach Abb. 7