

Eine Flamme zum Heizen und Kühlen

Absorptionswärmepumpe: Grundlagen - Funktionsweise - Effizienz

Alexander von Rohr*

Wärmepumpen erleben seit wenigen Jahren eine regelrechte Renaissance. Neben der bekannten, elektrisch betriebenen Wärmepumpe steht mit der Absorptionswärmepumpe eine Technik zur Verfügung, die insbesondere durch den gleichzeitigen Bedarf von Wärme und Kälte eine hohe Effizienz erzielen kann. Der nachfolgende Beitrag zeigt neben den Grundlagen der Wärmepumpentechniken die Funktionsweise und die Energieeffizienz einer Absorptionswärmepumpe auf.

Die mitunter auf Albert Einstein zurückzuführende Absorptionstechnik kam zunächst in den USA zum Einsatz. Hier wurden bereits über Jahrzehnte mehrere 100 000 gasbetriebene Absorptions-Kaltwassererzeuger und Kühlschränke in Betrieb genommen. Bis zum heutigen Tag basieren viele Campingkühlschränke und Minibarkühlschränke in Hotels, aufgrund ihrer überwiegenden Wartungs- und Verschleißfreiheit sowie der Geräuschlosigkeit,

auf dem Prinzip der Absorptionstechnik. Als Hauptantriebsenergie benötigt diese Technik Wärme anstatt Strom.

Rückblick

Erst durch die Energiekostenexplosion, in Verbindung mit der CO₂-Problematik, wurden Einsteins Ideen für den europäischen Heizungs- und Kältemarkt wiederentdeckt. Das Besondere an der Absorptionstechnik ist, dass die Wärme (und Kälte) nicht

über die mechanische Verdichtung erzeugt wird, sondern direkt über den Eintrag von Wärme, beispielsweise durch eine Gasflamme.

Diverse Versuche kleinerer Hersteller, Absorptionswärmepumpen auf den Markt zu bringen, scheiterten in der Vergangenheit meist daran, den Kältekreislauf dauerhaft dicht zu bekommen. Darüber hinaus musste, im Gegensatz zu den kleinen Campingkühlschränken und Minibars, eine langlebige Lösungspumpe integriert werden, um auch größere Leistungen realisieren zu können. Mittlerweile stehen zuverlässige Großserienprodukte als Wärmepumpen und Kaltwassererzeuger zur Verfügung, die über hermetisch geschlossene und damit über wartungsfreie Kältekreisläufe verfügen.

Kompressionswärmepumpe

Wärmepumpen bestehen aus vier wesentlichen Bestandteilen: dem Verdampfer (kalte Seite), dem Verflüssiger (Kondensator, warme Seite), dem Druckreduzierventil und dem Verdichter. Der einzige, aber entscheidende Unterschied zwischen einer Absorptions- und einer Kompressionswärmepumpe ist die Art des Verdichters – die ande-

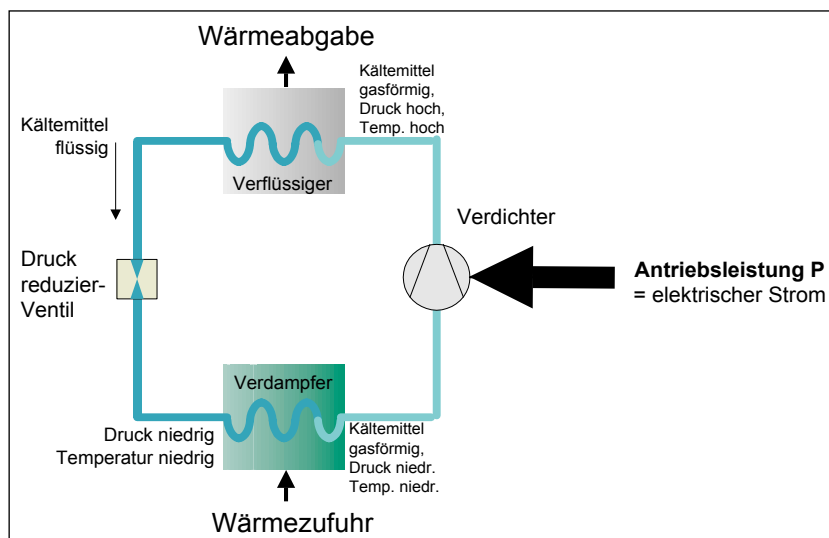
ren Komponenten sind identisch.

Um die aus der Natur aufgenommene Energie für Heizzwecke nutzbar zu machen, muss das gasförmige Kältemittel, nachdem es aus dem Verdampfer kommt, erwärmt und zudem der Druck erhöht werden (Bild 1). Das Erwärmen, die Druckerhöhung und die Zirkulation des Kältemittels erfolgt bei Elektrowärmepumpen mithilfe eines Kompressors, der mittels eines Elektromotors angetrieben wird. Durch die Wärmeabgabe des Kondensators ändert das Kältemittel seinen Aggregatzustand und wird unter hohem Druck flüssig. Damit das Kältemittel erneut die Umweltenergie im Verdampfer aufnehmen kann, muss über ein Druckreduzierventil der Druck gesenkt werden, was die Abkühlung des Kältemittels unter die Umgebungstemperatur bewirkt.

Da bei der Stromproduktion Verluste in Höhe von etwa 2/3 der eingesetzten Primärenergie auftreten, ist eine Jahresarbeitszahl (COP) von deutlich über 3 notwendig, um den Einsatz von Strom rechtfertigen zu können (COP = 3 bedeutet: 1 Teil Strom + 2 Teile Umweltwärme = 3 Teile Heizwärme). Bei einem COP-Wert von beispielsweise 3 gewinnt die Elektrowärmepumpe nur soviel Wärme aus der Umwelt, wie im Kraftwerk bei der Umwandlung von Primärenergie zu Strom verloren ging.

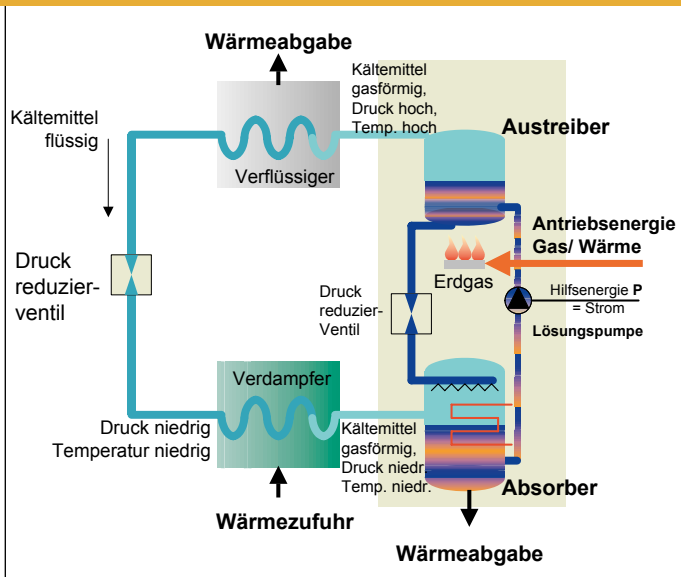
Absorptionskälteprozess

Der Absorptionskälteprozess benötigt neben einem Kältemittel auch ein Lösemittel, in dem das Kältemittel zeitweise gelöst vorliegt. Dabei haben sich zwei un-



■ Bild 1: Kältekreislauf einer Kompressionswärmepumpe. Bild: ASUE

*) Alexander von Rohr, Isocal Heizkühlsysteme GmbH, Friedrichshafen

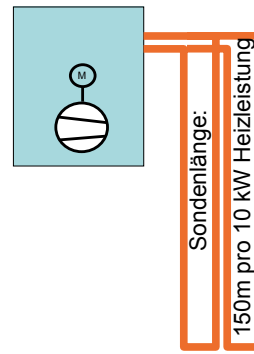


■ Bild 2: Kältemittelkreislauf einer Absorptionswärmepumpe. Bild: ASUE

verschiedene Stoffpaare bewährt: Ammoniak und Wasser sowie Lithiumbromid und Wasser. Während die Kombination Lithiumbromid und Wasser in erster Linie bei Absorptions-Kaltwassererzeugern bis ca. + 5°C zu finden ist, können mit dem Stoffpaar Ammoniak und Was-

ser auch Temperaturen deutlich unter 0°C realisiert werden. Auf diese Weise ist neben der Wärmequelle Geothermie und Grundwasser auch Luft gut geeignet, da bei Temperaturen von -20°C noch Wärme nutzbar gemacht werden kann. Ammoniak übernimmt die Rolle des Kältemittels (R 717

Elektro- Wärmepumpe



Absorptions-Wärmepumpe



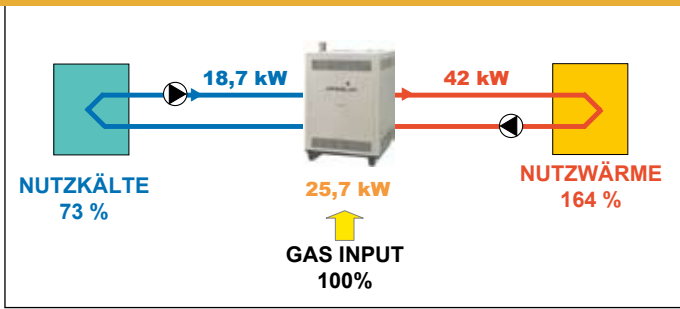
■ Bild 3: Reduzierung der Sondenlänge durch Absorptionstechnik. Bild: Isocal

= Ammoniak [NH₃]), Wasser die des Lösemittels. Dabei verdampft Ammoniak unter Atmosphärendruck bei -33°C. 1l Wasser kann etwa 0,7l Ammoniak lösen. Unter Wärmezufuhr kann das Kältemittel wieder vom Wasser getrennt werden. Zudem schädigt das in der freien Natur vorkommende Ammoniak weder die Ozonschicht (ODP = 0), noch wird der Treibhauseffekt begünstigt. Es eignet sich mit seinen thermodynamischen

Eigenschaften hervorragend als Kältemittel.

Absorptionswärmepumpe

Die Absorptionswärmepumpe teilt die Druck- und Temperaturerhöhung des Kältemittels sowie die Zirkulation in zwei Schritte auf (Bild 2). Hierfür verwendet sie zwei verschiedene Arten von Energie. Als Hauptantriebsenergie genügt Wärme. In einem



■ Bild 4: Aus 25,7 kW Primärenergie (Gas) werden zum Beispiel bei der Absorptionswärmepumpe „Robur“ 18,7 kW Kälte- und 42 kW Wärmeleistung erzeugt. Bild: Isocal

geschlossenen Behälter – Generator oder Austreiber genannt – wird das in Wasser gelöste Kältemittel so weit erwärmt, dass das Kältemittel verdampft; Druck und Temperatur steigen an. Es wird sozusagen ein thermischer Verdichter genutzt, um das Kältemittel in den notwendigen Ausgangszustand zu bringen (Temperatur hoch, Druck hoch, gasförmig). Elektrischer Strom ist nur zu einem geringen Teil für die Aufrechterhaltung des Kreislaufes und zur Überwindung der Druckstufe nötig. Da in diesem Fall aber eine Flüssigkeit (Wasser und gelöstes Kältemittel) auf einen höheren Druck angehoben wird und nicht wie bei der Elektrowärmepumpe ein Gas, reicht bereits eine geringe Menge mechanischer Energie aus. Der hierfür benötigte Strom wird für den Antrieb einer kleinen Lösungspumpe als „Hilfsenergie“ verwendet. Da als Hauptantriebsenergie Wärme benötigt wird, bietet sich in der Praxis Erd- oder Flüssiggas an. Es kann aber auch Abwärme aus Prozessen,

Solarwärme oder Wärme aus Biomasse genutzt werden.

COP und Effizienz

Um Elektro- und Absorptionswärmepumpen in ihrer Leistungsfähigkeit vergleichen zu können, müssen ihre Kennzahlen vergleichbar gemacht werden. Für die Elektrowärmepumpe wird als Bezugspunkt der Stromeinsatz herangezogen und als Jahresarbeitszahl der COP verwendet.

Eine Absorptionswärmepumpe kann die Primärenergie direkt verwenden, sodass sich als Arbeitszahl der aus der Verbrennungstechnik bekannte Wirkungsgrad anbietet. Da durch die Nutzung von Umweltwärme Werte weit jenseits der 100 % erreicht werden, sollte nicht von einem Wirkungsgrad, sondern von Effizienz gesprochen werden. Hierfür wird teilweise der aus dem englischen stammende Begriff GUE verwendet (Gas Utilization Efficiency), was soviel wie „auf den Gaseinsatz bezogene Effizienz“ bedeutet.

Da sich der GUE auf eine Primärenergie, der COP auf einen Sekundärenergieträger bezieht, ist ein Vergleich nur möglich, wenn beide Werte dieselbe Bezugsgröße verwenden – so zum Beispiel den Primärenergieeinsatz. Werden in den COP die Verluste der Stromproduktion einbezogen, ergibt sich somit der GUE. Geht man von einem durchschnittlichen Kraftwerkswirkungsgrad in Deutschland von rund 35% aus, stellt sich die Umrechnung wie folgt dar: $COP \times 0,35 = GUE$. Umgestellt kann aus dem GUE mit der Formel auch der COP errechnet werden: $GUE / 0,35 = COP$.

Reduzierung der Sondenlänge

Durch die Nutzung der eingesetzten Primärenergie benötigt eine Absorptionswärmepumpe bei gleicher Heizleistung weniger Entzugsleistung als eine vergleichbar leistungsstarke Kompressi-

onswärmepumpe. Dies hat zur Folge, dass zum Beispiel bei geothermischer Nutzung meist etwa 50% weniger Sonden benötigt werden (Bild 3). Da die Kosten der Wärmepumpen etwa gleich hoch sind, fallen die Gesamtinvestitionskosten (WP plus Sonde) im Falle der Absorptionstechnik in der Regel deutlich geringer aus.

Umgebungsluft als Energiequelle

Wird eine Absorptionswärmepumpe mit Luft als Energiequelle betrieben, macht sich der Antrieb mittels Gasbrenner positiv bemerkbar. Selbst bei Grenzbedingungen von minus 20°C Umgebungstemperatur kann dem Heizsystem relativ leicht 60°C warmes Wasser zur Verfügung gestellt werden, da 2/3 der Energie über den Gasbrenner eingebracht werden. Auch in diesem, für Wärmepumpen sicherlich extremen Fall, er-

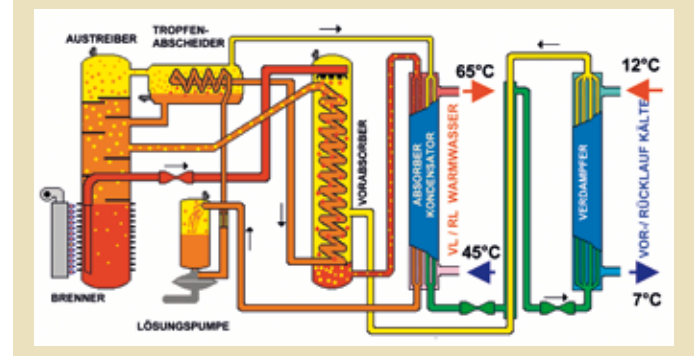


■ Bild 5: Praxiseinsatz einer Absorptionswärmepumpenanlage zum Heizen (jeweils 35 kW) und Kühlen (jeweils 17,5 kW) eines Bürogebäudes. Bild: Isocal

Funktionsschema einer Absorptionswärmepumpe

Durch den Einsatz von 1 kWh Erdgas wird beispielsweise bei der Absorptionswärmepumpe „Robur“ von Isocal 0,73 kWh Kälte und gleichzeitig 1,64 kWh Wärme bereitgestellt.

Zur Funktion: Das im Austreiber erhitzte Kältemittel steigt auf und gibt im Kondensator bereits Wärme an das Heizsystem ab. Über zwei Entspannungsstufen kommt das kalte Kältemittel in den Verdampfer und nimmt Wärme auf (kühlt). Das gasförmige Kältemittel wird im Vorabsorber von dem von oben eingesprühten Wasserdampf gelöst und setzt dabei Wärme (Lösungswärme) frei, die über den zweiten Teil des Heizungswärmetauschers (Absorber) ebenfalls an das Heizsystem übertragen wird. Das vollständig im Wasser gelöste Kältemittel (orange) wird von der Lösungspumpe wieder auf das hohe Druckniveau gebracht (etwa 20 bar) und nimmt auf dem Weg zurück in den Austreiber noch überschüssige Wärme im Tropfenabscheider und Vorabsorber auf.



Literaturtip: „Heizen und Kühlen mit Gaswärmepumpen/ Gasklimageräten“

Die ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. hat gemeinsam mit dem Verband beratender Ingenieure VBI e. V. die Broschüre „Heizen und Kühlen mit Gaswärmepumpen/Gasklimageräten“ herausgegeben. Sie beschreibt die Funktionen und Einsatzmöglichkeiten dieser Technologie, deren Erfolgsfaktor in der hohen Energieeffizienz sowohl in der Heiz- wie auch in der Kühlfunktion liegt. Aus dem Inhalt (Auszug): Heizen und Kühlen mit einem System, unterschiedliche Systemlösungen, Gasklimageräte im Einsatz, Funktion Gasklimageräte (technische- und wirtschaftliche Vorteile, Umweltvorteile), Hinweise für die Planung und Auslegung, Produkte und Ansprechpartner.



Die Broschüre kann über die ASUE, Tel.: 0631 3609070, Fax: 0631 3609071, E-Mail: info@asue.de, bezogen werden. Einzel-exemplare werden kostenfrei abgegeben.

reicht die Absorptionswärmepumpe eine auf den Gaseinsatz bezogene Effizienz von über 100%, was wiederum einem COP von über 3 entspricht. Der monovalente Betrieb ist somit auch bei einem Temperaturhub von 80 K (-20 °C Außen- und +60 °C Vorlauftemperatur) noch möglich.

Energieeffizienz über 200%

Eine besonders hohe Effizienz ergibt sich, wenn Wärme und Kälte gleichzeitig genutzt werden kann. Dies ist u. a. oft in Hotels der Fall, wenn Hotelzimmer gekühlt, gleichzeitig Brauchwasser für die Gäste bereitet, darüber hinaus eventuell auch noch der Pool beheizt werden muss.

Auf diese Weise wird beispielsweise bei der Absorptionswärmepumpe „Robur“ von Isocal durch den Einsatz von 1 kWh Ergas 0,73 kWh Kälte und gleichzeitig 1,64 kWh Wärme bereitgestellt, was einer Gesamteffizienz von 237% entspricht (Bild 4). Die Kälte- und Wärmeverteilung kann über ein und dasselbe Rohrleitungsnetz erfolgen.

Fazit

Mit der neuesten Generation von Absorptionswärmepumpen steht u.a. eine Technik zur Verfügung, die nach der Einführung der Brennwerttechnik den nächsten Entwicklungssprung auf dem Weg zum möglichst effizienten Umgang mit Energie vollzogen hat. Dabei kann mit 100% Primärenergie, aufgrund der Nutzung von Umweltenergie, über 160% Wärme nutzbar gemacht werden. Die Wartung umfasst in erster Linie den Gasbrenner, was diese Technik für die SHK-Betriebe interessant macht. Zudem ist der Kältekreislauf hermetisch geschlossen und somit wartungsfrei. Da auch gleichzeitig Kälte produziert werden kann, wird diese Technik auch dem immer weiter steigenden Komfortanspruch gerecht. Während elektrisch betriebene Kälteanlagen die Stromnetze im Sommer an die Kapazitätsgrenze treiben, steht gleichzeitig mit Gas eine Energieform in ausreichender Menge zur Verfügung – zum Heizen und Kühlen. ■

@ Internetinformationen:
www.isocal.de