ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Gasabsorptionswärmepumpen in Industrie und Gewerbe

www.asue.de

Inhalt

1 | Neue Techniken zum Heizen und Kühlen: der Bedarf steigt 3

2 | Vorteile von Gasabsorptionswärmepumpen 4
Technische Vorteile 4
Ökologische Vorteile 4
Wirtschaftliche Vorteile 5

3 | Funktionsprinzip der Gasabsorptionswärmepumpe 6
Gasabsorptionswärmepumpe und Gasabsorptionskältemaschine 6
Thermischer Verdichter 7
Der Absorptionsprozess 7
Aufbau 8

4 | Heizen und Kühlen mit Sorptionswärmepumpen 10
Absorptionskältemaschine 10
Adsorptionskältemaschine 12
Kopplung von Sorptionskältemaschinen mit BHKW 13

5 | Innovative Anwendungen und Geräte 14
Kombination Gasabsorptionswärmepumpe mit Eisspeicher 14

6 | Gasabsorptionswärmepumpen in der Praxis 16
Wärmequellen aus der Umwelt 16
Betriebsarten der Gasabsorptionswärmepumpe 18
Einsatz in der Industrie 19
Anwendungsbeispiele 20

7 | Hinweise für die Planung und Auslegung 22

8 | Informationen 23

1 Neue Techniken zum Heizen und Kühlen: Der Bedarf steigt

Gesetzliche Anforderungen

Neu errichtete Gebäude (Wohn- und Zweckgebäude) unterliegen dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG). Im Falle einer Sanierung von Gebäuden aus dem Besitz der öffentlichen Hand, müssen die Anforderungen des EEWärmeG ebenfalls erfüllt werden. Dabei soll der Anteil erneuerbarer Energien für die Warmwasserbereitung (Heizung, Brauchwasser) und zum Kühlen erhöht werden. Das Gesetz schreibt einen Mindestanteil von 15 % erneuerbaren Energien vor (Biogas ebenfalls anrechenbar). Für die Installation einer Gaswärmepumpe müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Jahresarbeitszahl* von mindestens 1,2 (wird von den am Markt erhältlichen Geräten erfüllt)
- 50 % des Wärmeenergiebedarfes müssen durch Geothermie und Umweltwärme (Solar, Wasser, Erdwärme etc.) abgedeckt werden

Die gesetzlichen Anforderungen aus dem EEWärmeG und der Energieeinsparverordnung (EnEV) können mit dem Einsatz einer Gasabsorptionswärmepumpe und den möglichen Wärmequellen umgesetzt werden.

Anforderungen für eine optimale Wärmeversorgung

Welche Anforderungen werden heute an ein optimales Wärmeversorgungssystem für moderne Gewerbe- oder Privatgebäude gestellt? Hohe Effizienz und der Einsatz erneuerbarer sowie umweltschonender Energiequellen stehen an erster Stelle.

Die innovative Technik der Gasabsorptionswärmepumpe bietet genau diese Vorteile. Sie versorgt das Gebäude bei geringem Energieeinsatz zuverlässig mit der benötigten Wärme für Heizung und Warmwasserbereitung und nutzt dabei die Energiequellen Umweltwärme und Erdgas. Als interessanten Zusatznutzen bietet sie darüber hinaus die Möglichkeit, zum Heizen und Kühlen gleichzeitig eingesetzt zu werden und somit die Effizienz zu steigern. Dies wird angesichts der modernen Architektur mit großen Fensterflächen und einer dichten Gebäudehülle, wie sie der Gesetzgeber für Neubauten verlangt (EnEV), immer interessanter.

Die Broschüre erläutert das Funktionsprinzip der Gasabsorptionswärmepumpe und deren Einsatzmöglichkeiten zur Wärme- und Kälteversorgung in industriellen Gebäuden, gewerblichen Räumen aber auch Mehrfamilienhäusern.

* Jahresarbeitszahl: Verhältnis der pro Jahr abgegebenen Energie zur aufgenommenen elektrischen Energie (siehe auch Kapitel 5 Technische Kenngrößen).

2 Vorteile von Gasabsorptionswärmepumpen

Technische Vorteile

Effiziente Heizfunktion:

Bei der gleichzeitigen Nutzung einer Gasabsorptionswärmepumpe zum Heizen und Kühlen erzeugt die Anlage bei 100 Prozent Gas-Input nicht nur 164 Prozent Nutzwärme, sondern zusätzlich 73 Prozent Nutzkälte. Die Gesamteffizienz liegt also bei 237 Prozent. Im Vergleich zu einer mit Strom betriebenen Wärmepumpe benötigt die Gasabsorptionswärmepumpe bei gleicher Heizleistung nur weniger als 50 Prozent Energie aus der Wärmequelle. Mit ihrer Hilfe sind Heizwassertemperaturen bis 65 °C erreichbar. Die Gasabsorptionswärmepumpe ist ohne nennenswerte Effizienzeinbuße nicht nur für Fußbodenheizungen, sondern auch für Radiatorenheizungen einsetzbar. Ihre Nutzung zur Warmwasserbereitung (Trinkwassererwärmung) ist ebenfalls möglich.

Geräuscharmer Betrieb:

Gegenüber Elektrowärmepumpen haben Absorber den Vorteil, dass kaum bewegliche Teile verbaut sind und sie deshalb sehr leise arbeiten. Bei der Nutzung von Elektrowärmepumpen mit Luft als Wärmequelle müssen Ventilatoren eingesetzt werden, was wiederum den Geräuschpegel erhöht.

Wartung von Gasabsorptionswärmepumpen

Gasabsorptionswärmepumpen sind, bei richtiger Installation, im Wartungsumfang mit einem Gasbrennwertgerät vergleichbar. Die Wartung des Gasbrenners und des Kessels erfolgen jährlich bzw. nach ca. 6.000 Betriebsstunden. Im 2-jährigen Turnus bzw. nach ca. 12.000 Betriebsstunden wird der Antrieb der Lösungsmittelpumpe geprüft (Zahnriemen und Zahnscheiben) sowie die Lösungsmittelpumpe selbst. Je nach Gasabsorptionswärmepumpen-Typ werden bei der Wartung die Wärmequellen (z. B. Erdsonden, Luft- und Solarkollektoren) ebenfalls geprüft. Der Kältemittelkreislauf ist hermetisch abgeschlossen und muss nicht gewartet werden. Sollten Anzeichen für Undichtigkeiten auftreten, ist es ratsam diese von Fachpersonal des Herstellers beheben zu lassen.

Flexibel kombinierbar:

Die Gasabsorptionswärmepumpe lässt sich problemlos mit einem Gas-Spitzenlastkessel kombinieren. Dabei ist grundsätzlich auch der monovalente Betrieb (nur Wärmepumpenbetrieb) möglich. Für größere Beheizungsobjekte erzeugt die Gasabsorptionswärmepumpe den Grundlastwärmebedarf (25 Prozent Wärmeleistung erzeugt über 60 Prozent des Jahreswärmebedarfs). Der Rest wird vom Spitzenlastkessel beigesteuert. Die Brennstoffeinsparung gegenüber Brennwertkesselanlagen beträgt dabei rund 30 bis 40 Prozent.

Ökologische Vorteile

Sparsamer Einsatz von Primärenergie:

Gasabsorptionswärmepumpen werden – anders als strombetriebene Geräte, bei denen die Energie erst erzeugt werden muss - direkt mit Primärenergie betrieben und sparen durch den Wärmepumpeneffekt im Vergleich mit Heizkesseln deutlich an Brennstoff.

Geringe CO_2-Emissionen:

Durch den sparsamen Brennstoffeinsatz werden auch die CO_2-Emissionen gesenkt. Hinzu kommt, dass Erdgas aufgrund seines hohen Wasserstoff-Anteils die geringsten spezifischen CO_2-Emissionen aller fossilen Brennstoffe verursacht.

Einsatz von umweltschonenden Kältemitteln:

Ein wesentlicher Vorteil der Gasabsorptionswärmepumpe ist der Einsatz von umweltverträglichen Kältemitteln, die weder die Ozonschicht zerstören, noch einen direkten Treibhauseffekt bewirken.

Geräuschpegel

Gasabsorptionswärmepumpen haben einen Schalldruckpegel von weniger als 60 dB(A) (gemessen mit fünf Metern Abstand im Freifeld mit teilweiser Reflexion).

Wirtschaftliche Vorteile

Geringe elektrische Leistungsaufnahme:

Durch die äußerst geringe elektrische Leistung einer Gasabsorptionswärmepumpe sind die Stromkosten entsprechend niedrig. So benötigt beispielsweise eine Sole/Wasser-Gasabsorptionswärmepumpe nur etwa 0,5 kW elektrischen Strom um ca. 17 kW Kälte- und ca. 35 kW Wärmeleistung zur Verfügung zu stellen.

Geringe Investitionskosten:

Durch die kombinierte Kühl- und Heizfunktion der Anlage, bei der nur ein Verteilsystem notwendig ist, sinken die Investitionskosten für das gesamte System beträchtlich. Da aus der Wärmequelle nur eine relativ geringe Heizleistung beansprucht wird, fallen die Kosten für die Erdsonde oder die Erdkollektoren entsprechend niedriger aus und der Luftverdampfer wird kleiner. Positiv wirkt sich auch aus, dass die Gasabsorptionswärmepumpe für die Aufstellung im Freien geeignet ist und daher kein spezieller Aufstellungsraum erforderlich ist. Das spart Baukosten bzw. schafft zusätzliche nutzbare Fläche. Ein Schornstein ist bei der Aufstellung im Freien nicht erforderlich.

Niedrige Betriebskosten:

Die Gasabsorptionswärmepumpe spart Energie und verursacht vergleichsweise niedrige Energiekosten. Ihre geringe elektrische Leistung senkt die Stromkosten deutlich. Hinzu kommt, dass die Gasabsorptionswärmepumpe nur eine geringe Heizleistung aus der Wärmequelle benötigt, so dass für die Förderung der Wärmequelle entsprechend geringe jährliche Stromkosten anfallen.

3 Funktionsprinzip der Gasabsortionswärmepumpe

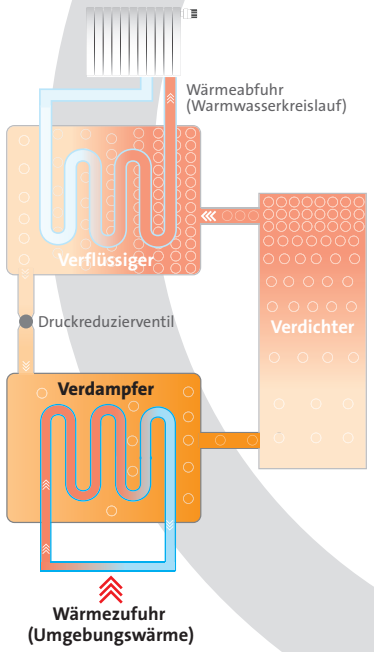
Gasabsorptionswärmepumpe und Gasabsorptionskältemaschine

Die Gasabsorptionswärmepumpe versorgt Gebäude bei geringem Energieeinsatz zuverlässig mit der benötigten Wärme für Heizung und Warmwasserbereitung und nutzt dabei die Energiequellen Umweltwärme und Erdgas.

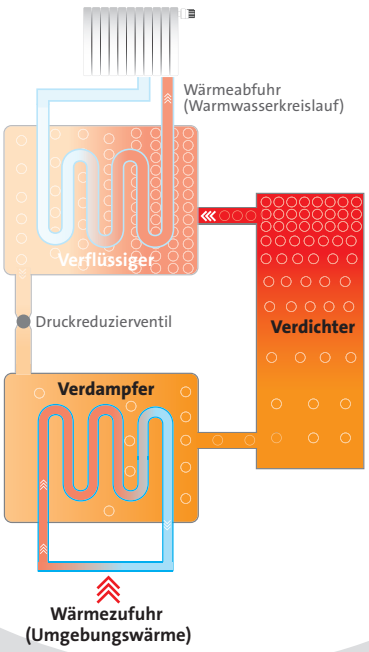
Gasabsorptionswärmepumpen können auch zur Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden – sie werden in diesem Fall als Gasabsorptionskältemaschinen bezeichnet. Dies wird angesichts der Architektur mit großen Fensterflächen und einer dichten Gebäudehülle, wie sie der Gesetzgeber in der EnEV für Neubauten verlangt, immer interessanter. Gasabsorptionskältemaschinen bestehen grundsätzlich aus den gleichen Bauteilen wie Gasabsorptionswärmepumpen und funktionieren auch genauso; sie werden lediglich zu einem anderen Zweck eingesetzt. Hier wird die vom Verdampfer aus der Umgebung aufgenommene Wärme zu Kühlzwecken genutzt. Daher erfolgt die Auslegung der einzelnen Komponenten nach anderen Gesichtspunkten.

Gaswärmepumpe

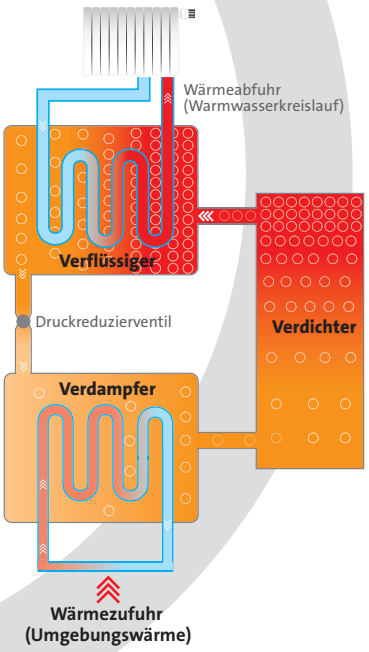
Flüssiges Kältemittel wird im **Verdampfer** durch die Zufuhr von Umgebungswärme dampfförmig .



Der Kältemitteldampf gelangt in den **Verdichter** (über eine Pumpe oder thermisch), wo Druck und Temperatur durch die Energiezufuhr erhöht werden.



Aus dem Verdichter strömt der heiße Kältemitteldampf in den **Verflüssiger**, gibt Wärme an das Heizwasser ab und kondensiert. Über Druckreduzierventile gelangt das jetzt wieder flüssige Kältemittel zurück in den Verdampfer. Der Prozess beginnt von vorne.



Thermischer Verdichter

Die Gasabsorptionswärmepumpe entzieht der Umwelt Wärme in einem Kreisprozess. Der Unterschied zu anderen Wärmepumpentypen liegt im Verdichter - einem thermischen Verdichter. Dieser hat keine mechanischen Bauteile, ist wartungsarm und benötigt lediglich geringe elektrische Hilfsenergie zum Betrieb der Lösungsmittelpumpe und der Geräteenergie.

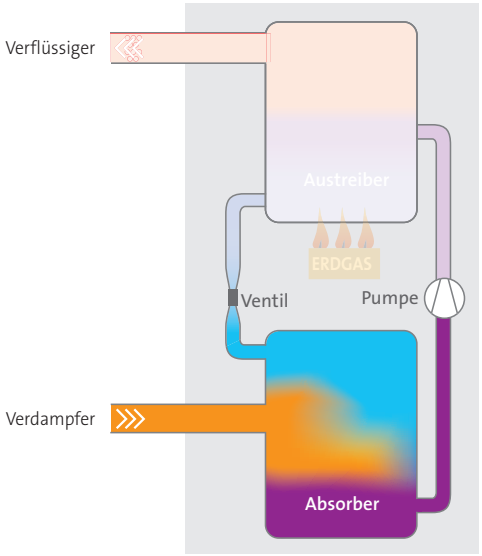
Der Absorptionsprozess

Die Gasabsorptionswärmepumpe trennt in einem Absorptionsprozess ein gasförmiges Kältemittel (z. B. Ammoniak) von einem Lösungsmittel (z. B. Wasser) durch einen mit Erdgas beheizten thermischen Verdichter. Es entsteht eine kältemittelreiche Lösung (Ammoniakdampf) und eine kältemittelarme Lösung (Wasser).

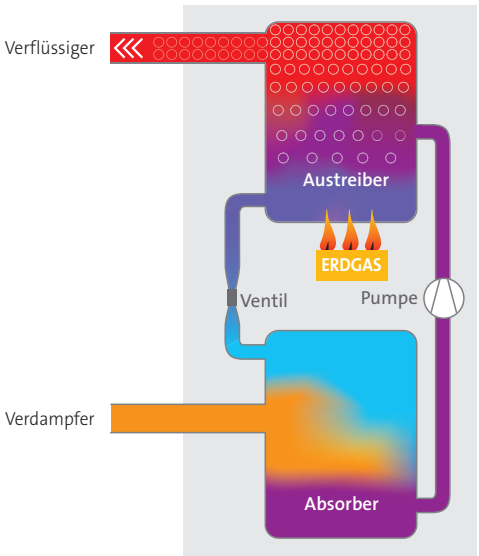
Das gasförmige, unter Druck stehende Kältemittel strömt dann in den Kondensator/ Verflüssiger, gibt die Kondensationswärme an das Heizsystem ab und wird dadurch flüssig. Danach strömt das flüssige, unter hohem Druck stehende Kältemittel durch ein Reduzierventil. Durch diese Druckreduktion expandiert das Gas, kühlt sich dabei ab und ist so in der Lage, im nachfolgenden Verdampfer Wärme aus der Umwelt aufzunehmen.

Thermischer Verdichter

Im **Absorber** kommen die kältemittelarme Lösung (Wasser) und der Kältemitteldampf aus dem Verdampfer zusammen , dabei wird das dampfförmige Kältemittel vom Wasser aufgenommen (absorbiert).
Die entstandene kältemittelreiche Lösung wird durch die Pumpe auf ein höheres Druckniveau in den Austreiber befördert.



Der **Austreiber** wird direkt von einem Gasbrenner befeuert. Durch die Wärmezufuhr wird das Kältemittel unter hohem Druck- und Temperaturniveau aus der Lösung ausgetrieben und gelangt dampfförmig in einen Verflüssiger. Die kältemittelarme Lösung wird über das Ventil auf ein niedriges Druck- und Temperaturniveau entspannt und in den Absorber geleitet. Der Prozess beginnt von vorne.



Aufbau

Austreiber

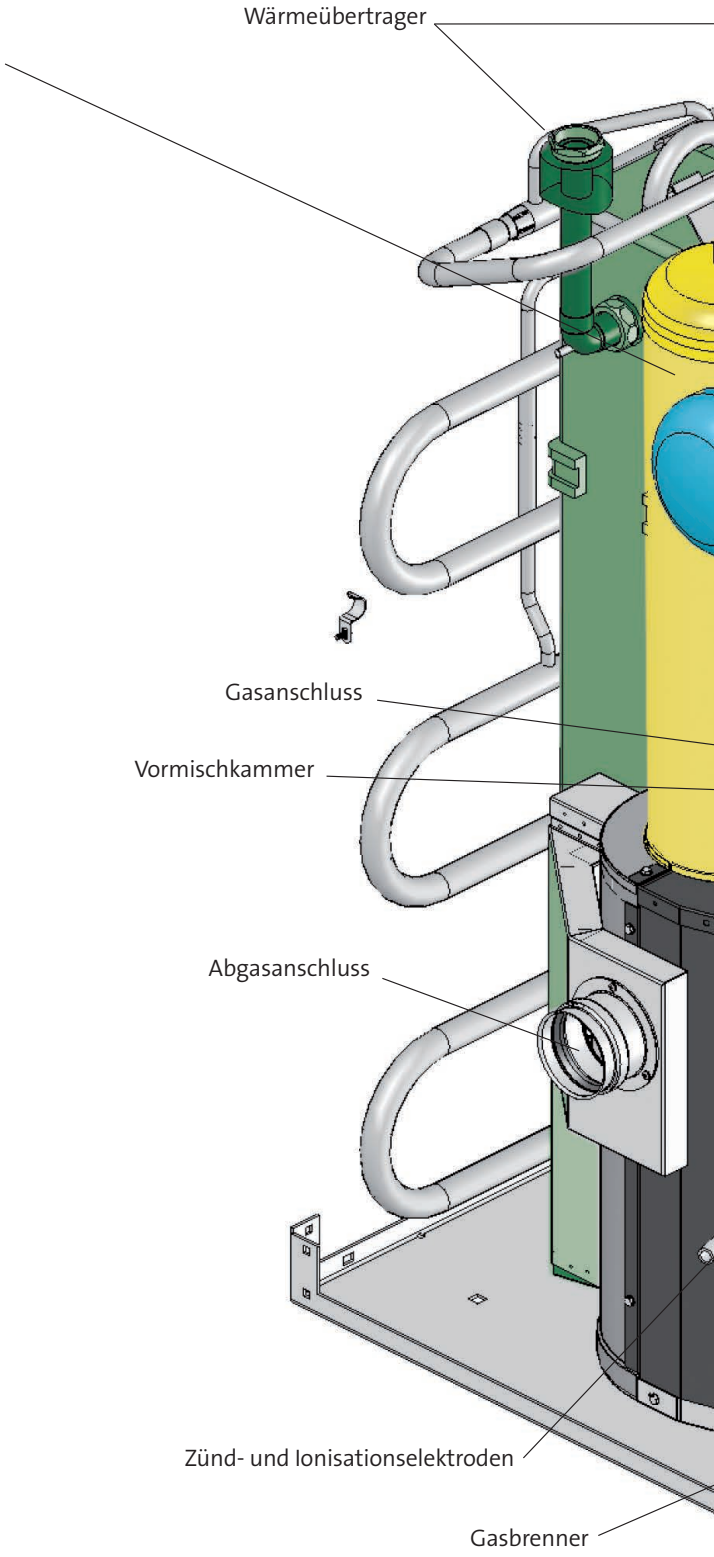
Im Austreiber (auch „Kocher“ genannt) werden aus einer Flüssigkeit durch Zufuhr von Energie Inhaltsstoffe entfernt und in die Gasphase überführt. Durch Erwärmung der Zweistofflösung (z. B. Ammoniak und Wasser) verdampft das Kältemittel und strömt in den Verflüssiger der Kältemaschine. Zurück bleibt das Lösungsmittel mit einem geringen Anteil des Kältemittels („kältemittelarme Lösung“). In direktbefeuerten Gasabsorptionswärmepumpen wird die zur Austreiberbeheizung benötigte Energie über einen Erdgasbrenner zur Verfügung gestellt.

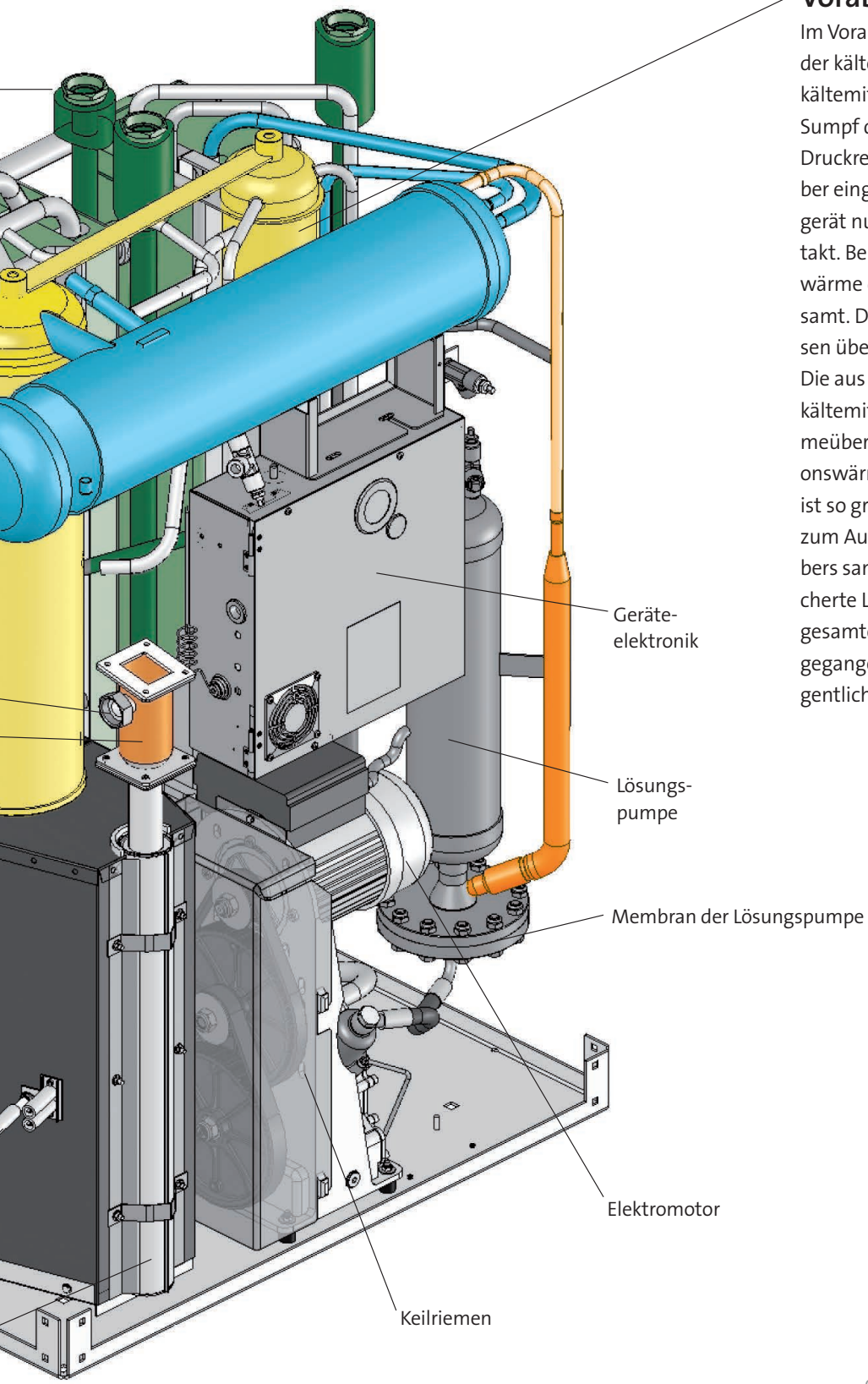
Wasserabscheider

Das dampfförmige Kältemittel verlässt den Austreiber. Dabei enthält es noch Wassertropfen, die vor dem Eintritt des Kältemittels in den Verflüssiger über einen Wasserabscheider entfernt werden müssen. Durch die Wärmeübertragung mit der kalten Lösung aus dem Absorber werden die Wassertropfen aufgenommen. Die Lösung aus dem Absorber ist nun vorgewärmt. Das Kältemittel ist vollständig dampfförmig und das kondensierte Wasser fließt zurück in den Austreiber.

Absorber

Im Absorber erfolgt die Aufnahme eines Kältemittels in die Flüssigkeit. Im Absorber einer Gasabsorptionswärmepumpe besteht die Flüssigkeit z.B. aus dem Kältemittel Ammoniak und dem Lösungsmittel Wasser. Das gasförmige Ammoniak wird in Wasser gelöst (absorbiert), wobei Wärme frei wird. Diese Wärme wird „Absorptions-“ oder „Lösungswärme“ genannt. Mit zunehmender Temperatur im Absorber verlangsamt sich der Absorptionsprozess, so dass zur Gewährleistung eines störungsfreien Prozesses eine kontinuierliche Wärmeabfuhr erforderlich ist.





Vorabsorber

Im Vorabsorber wird der Kältemitteldampf von der kältemittelarmen Lösung absorbiert. Die kältemittelarme Lösung befindet sich im Sumpf des Austreibers. Sie strömt durch das Druckreduzierventil und wird in den Vorabsorber eingesprüht. Die kältemittelarme Lösung gerät nun mit dem Kältemitteldampf in Kontakt. Bei diesem Vorgang entsteht Absorptionswärme die den Absorptionsvorgang verlangsamt. Die Absorptionswärme wird in Folge dessen über einen Wärmeübertrager abgeführt. Die aus dem Wasserabscheider austretende kältemittelreiche Lösung wird durch den Wärmeübertrager geführt und nimmt die Absorptionswärme auf. Die übertragene Wärmemenge ist so groß, dass die kältemittelreiche Lösung zum Ausgasen neigt. Im Sumpf des Vorabsorbers sammelt sich eine mit Kältemittel angereicherte Lösung. Allerdings ist hier noch nicht das gesamte dampfförmige Kältemittel in Lösung gegangen, so dass dieser Stoffstrom in den eigentlichen Absorber geführt wird.

4 Heizen und Kühlen mit Sorptionswärmepumpen

Absorptionskältemaschine

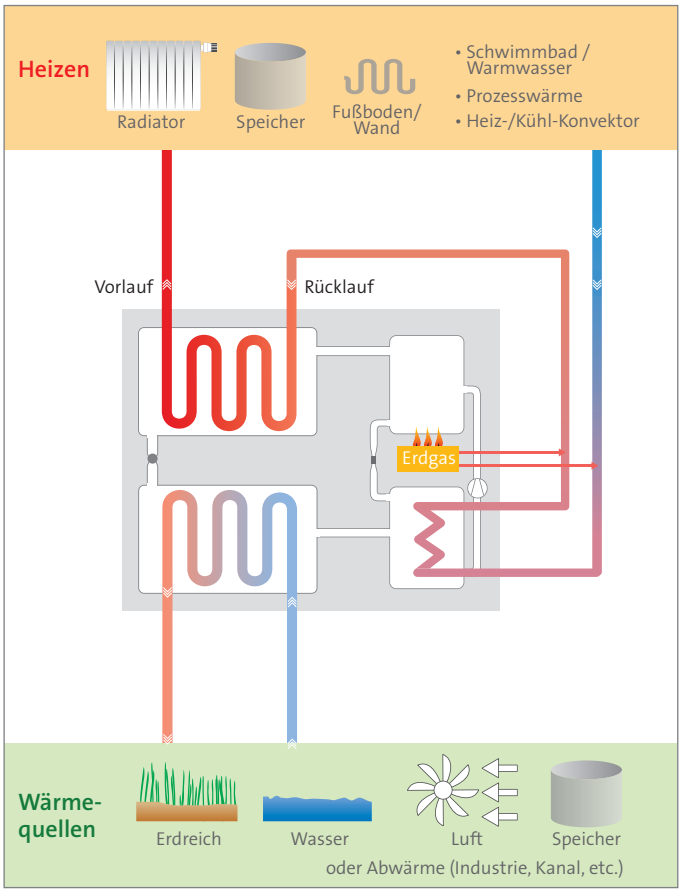
Jede Wärmepumpe verfügt über eine warme Seite (Verflüssiger/Kondensator) und eine kalte Seite (Verdampfer). Der Verflüssiger dient zur Erwärmung des Heizmediums, der Verdampfer nimmt Wärme von einer Wärmequelle auf. Jede Wärmepumpe ist somit in der Lage, gleichzeitig zu heizen und zu kühlen. Dies gilt sowohl für Wärmepumpen, die nach dem Absorptions- und Adsorptionsprinzip arbeiten, als auch für solche, die auf dem Kaltdampfprozess (Kompression) beruhen. Je nach Auslegung von Verdampfern und Verflüssigern bzw. je nach Auswahl des verwendeten Kältemittels oder des Stoffpaares können Kühlstellentemperaturen unter dem Gefrierpunkt bzw. Heizwassertemperaturen über 90 °C erreicht werden.

Diese Eigenschaft der Gaswärmepumpe eröffnet interessante Einsatzgebiete überall dort, wo gleichzeitig sowohl Wärme als auch Kälte gebraucht wird, beispielsweise in der Lebensmittelverarbeitung oder in Hotels, Restaurants und Krankenhäusern.

Kältemaschinen können in folgenden Bereichen die Bereitstellung von Kaltwasser übernehmen:

- Raumlufttechnische Anlagen
- Systeme zur Flächen- oder Bauteilkühlung
- Prozesskühlung in Industrie und Gewerbe

Heizen



Vorteile einer Absorptions-kältemaschine:

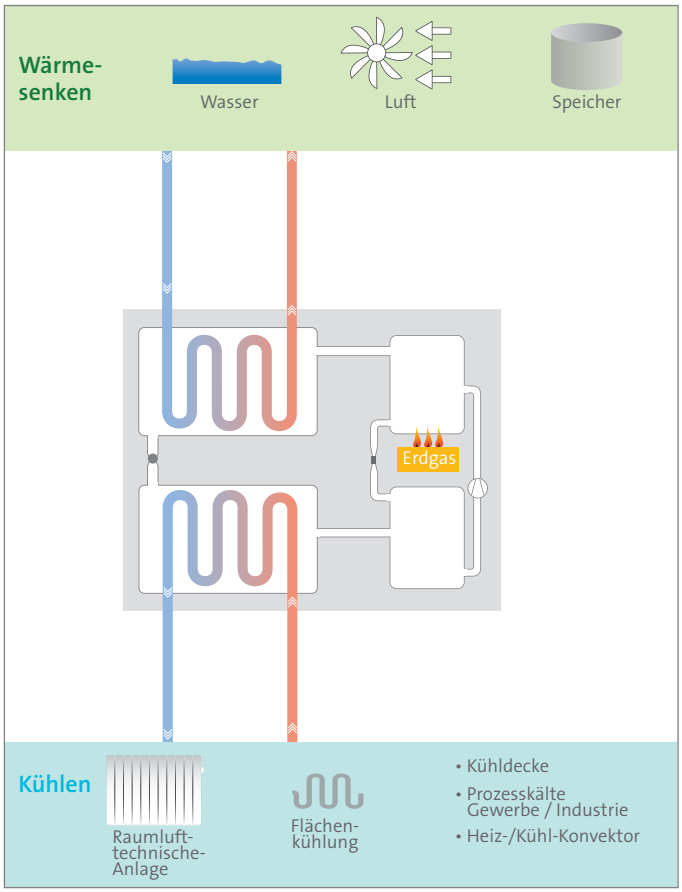
- Absorptionswärmepumpen können direkt beheizt werden (z. B. mit Erdgasbrenner) oder
- Abwärme nutzen (indirekte Beheizung). Bei der Abwärmenutzung sollte die Wärme auf möglichst hohem Temperaturniveau zur Verfügung stehen, um eine hohe Kälteleistung zu erzielen.
- Es wird nur wenig elektrische Hilfsenergie benötigt.

Kältemittel

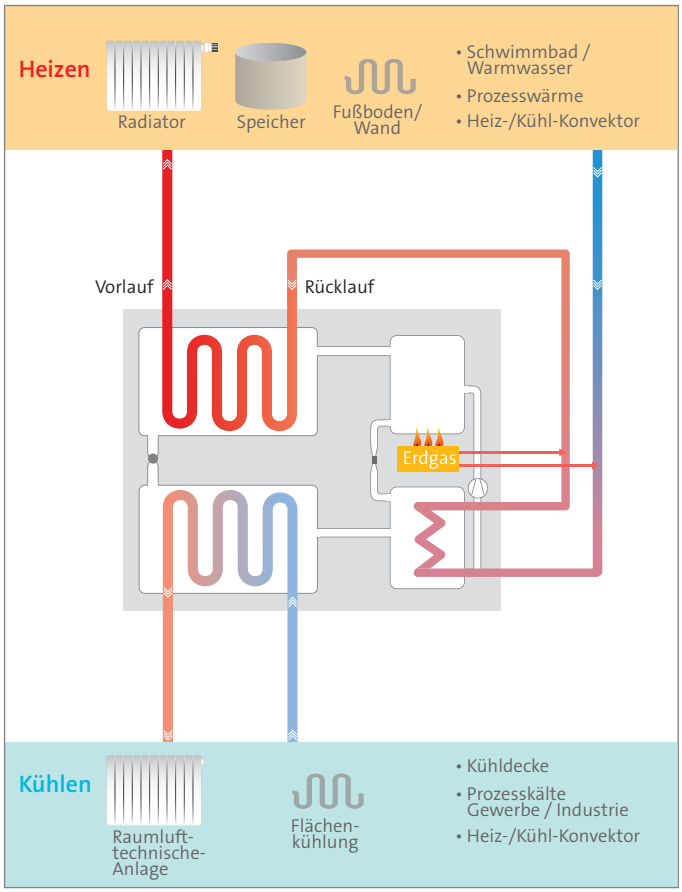
Absorptionskältemaschinen mit dem Stoffpaar Ammoniak / Wasser (Kältemittel / Lösungsmittel) werden für Kühlanwendungen mit niedrigen Temperaturen (z. B. Kühlhäuser) eingesetzt. Ammoniak benötigt Austreibertemperaturen von bis zu 250° C bei Dampfdrücken von bis zu 25 bar. Das Ammoniak im Stoffpaar erfordert die Zugabe von Additiven, um Korrosion in den Leitungen des Kältekreislaufes zu vermeiden. Die Verdampfertemperatur kann theoretisch auf bis zu -70° C abgesenkt werden.

Mit dem Stoffpaar Wasser / Lithiumbromid (Kältemittel / Lösungsmittel) lassen sich Kühltemperaturen von bis zu 5° C realisieren. Die Temperaturen und Drücke sind niedriger als bei Ammoniak. Das Stoffpaar eignet sich gut für den Einsatz im Wohnbereich.

Kühlen



Kombinierte Nutzung zum Heizen und Kühlen

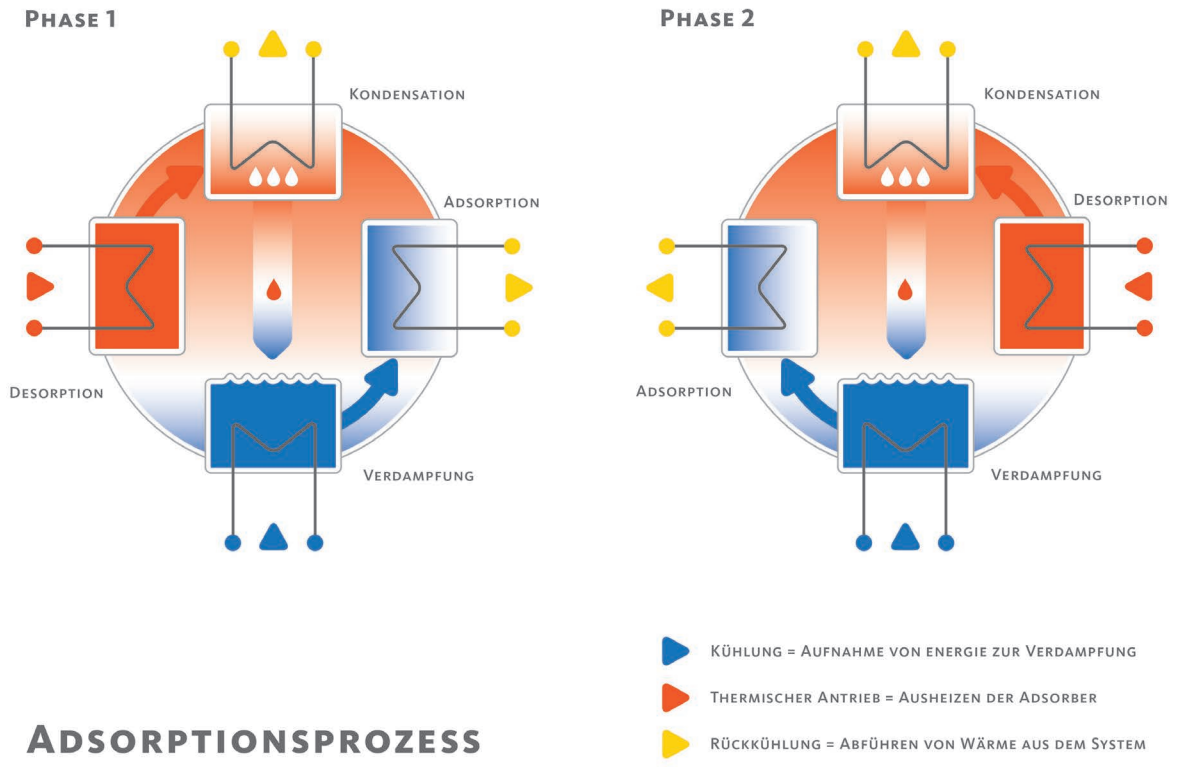


Adsorptionskältemaschine

Im Adsorptionskälteprozess wird das verdampfte Kältemittel an der Oberfläche eines festen Stoffes angelagert (adsorbiert). Als Adsorber werden poröse Stoffe verwendet, die eine große Oberfläche besitzen, um möglichst viel Wärme zu speichern. Feste Stoffe wie Zeolith oder Silikagel werden überwiegend eingesetzt.

Wasser nimmt Wärmeenergie von einem zu kühlenden Medium auf und verdampft. Da das Adsorptionssystem in einem Vakuum arbeitet, genügen Arbeitstemperaturen von ca. 25 °C, um Wasser zu verdampfen und die Wärme des Kühlmediums aufzunehmen.

Der Wasserdampf strömt aus dem Verdampfer in den Adsorber. Durch Kühlwasser in den Rohren des Adsorbers wird das Wasser abgekühlt und die Kondensationswärme abgeführt wodurch sich das Wasser am Feststoff anlagert. Bei Sättigung des Feststoffes mit Wasser wird das Ventil zum Verdampfer geschlossen, so dass kein Wasser mehr nachströmt. Der Adsorber wird nun durch Wärmezufuhr ausgetrocknet. Das ausdampfende Wasser (Desorption) strömt bei Überdruck über das Drosselventil in den Kondensator und gibt seine Wärme wieder ab. Dabei kondensiert das Kältemittel und wird zurück in den Verdampfer geführt, wo es bei niedrigem Druck wieder Wärme vom Kühlmedium aufnehmen kann. Der Kreislauf ist geschlossen und beginnt erneut.



Quelle: INVENSOR GMBH

Der Adsorptionsvorgang dauert länger als ein Absorptionsvorgang. Um die Kältemaschine stetig zu betreiben, sind zwei parallel arbeitende Adsorber notwendig. Diese werden alternierend mit dem Verdampfer und dem Kondensator verbunden, so dass ein Adsorber mit Wärme gesättigt wird, während der zweite durch Wärmezufuhr getrocknet wird.

Unterschied zu Absorptionskältemaschinen:

Technik:

- weniger Pumpen notwendig, somit geringerer elektr. Verbrauch
- Herstellerdichte im Moment noch gering

Planung:

- Die Auslegung der Maschinen erfolgt nach der benötigten Kälteleistung des Gebäudes und den gewünschten Temperaturen.

Kosten:

- höhere Investitionskosten
- geringere Verbrauchskosten

Wartung:

- geringerer Wartungsaufwand, da wenig mechanische Bauteile

Umwelt:

- keine chem. Kältemittel notwendig, ungiftig
- kein Erdwärmungspotential
- leise, vibrationsarm

Kopplung von Sorptionskältemaschinen mit BHKWs

Im Sommer ist die nicht benötigte Wärme eine der größten Herausforderungen bei der Auslegung eines Blockheizkraftwerkes (BHKW). Eine sinnvolle Kombination ist daher die Kopplung eines BHKW mit einer Absorptions- oder Adsorptionskältemaschine, wodurch eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung erzeugt wird. In der Regel wird Warmwasser aus dem BHKW mit einer Temperatur von ca. 80 °C bis 90 °C an den Verdampfer der Kältemaschine übergeben.

Im Gegensatz zu Kompressionsanlagen, die ausschließlich mit Strom betrieben werden, können Sorptionskältemaschinen Abwärme nutzen, um Kühlleistung bereitzustellen. Eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage) muss so ausgelegt werden, dass die Volllaststundenzahl möglichst groß ist, gleichzeitig aber eine hohe Grundlast abdeckt. Es gilt in einem Kompromiss eine optimale Ausnutzung der Anlage umzusetzen. Der Einsatz von thermisch angetriebenen Kältemaschinen kann diesen Problemen entgegenwirken. Wird die Kühlung im Sommer aus der Wärme der KWK-Anlage angetrieben – man spricht dann von Kraft-Wärme-Kalte-Kopplung - kann die benötigte Wärmeleistung im Sommer an die des Winters angeglichen werden. Die Jahresdauerlinie fällt dadurch flacher aus und die Volllaststundenzahl der KWK steigt. Spitzenlastkessel und KWK-Anlage können dann ganzjährig in einem höheren Leistungsbereich arbeiten und erreichen mehr Volllaststunden und einen höheren Nutzungsgrad. Anlagen in dieser Konstellation arbeiten effizienter und reduzieren Amortisationszeiten. Durch Nutzung der Abwärme wird auch der Einsatz an Primärenergie gegenüber Kompressionskältemaschinen sowie die CO_2-Emmissionen reduziert.

Fördermöglichkeiten für die Kopplung von Sorptionskältemaschinen mit BHKW

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert Sorptionsanlagen mit 5 kW bis 500 kW Kälteleistung unter der Voraussetzung, dass die Wärme aus KWK-Anlagen stammt oder Abwärme genutzt wird. Der Leistungsbedarf aller elektrisch angetriebenen Zusatzverbraucher darf max. 10 % der bereitgestellten Kälteleistung betragen - mit Ausnahme der Kaltwasserverteilung.

Weitere Informationen zu den Fördermöglichkeiten finden Sie unter www.bafa.de.

5 Innovative Anwendungen und Geräte

Kombination Gasabsorptionswärmepumpe mit Eisspeicher

Die Kombination einer Gasabsorptionswärmepumpe mit dem saisonalen Eisspeicher stellt eine technisch wie ökonomisch und ökologisch optimale Lösung dar. Die wesentlichen Vorteile gegenüber klassischen, strombetriebenen Aggregaten sind:

- Kälteerezeugung im Sommer mit geringstem energetischen Aufwand
- Stromengpässe zu Spitzenlastzeiten werden entschärft
- Primärenergieträger Erdgas als Antriebsenergie
- Energie-/ Strombedarf zur Kühlung gering
- Anstieg der benötigten Stromkapazitäten durch das Wachstum des Klimamarktes wird gestoppt
- Drastische Reduzierung des CO_2-Ausstoßes
- Investitions- und Betriebskosten deutlich geringer

Die Gasabsorptionswärmepumpe stellt im Betriebszustand Wärme und Kälte gleichzeitig zur Verfügung. Da aber in den seltensten Fällen die warme und kalte Seite gleichzeitig genutzt werden kann, wird üblicherweise die nicht benötigte Seite über die Luft oder das Erdreich (Erdsonde) „entsorgt". Im Winter wird die warme Seite zum Heizen genutzt, während die kalte Seite ungenutzt an die Umwelt abgeleitet wird. Im Sommer verhält es sich genau umgekehrt.

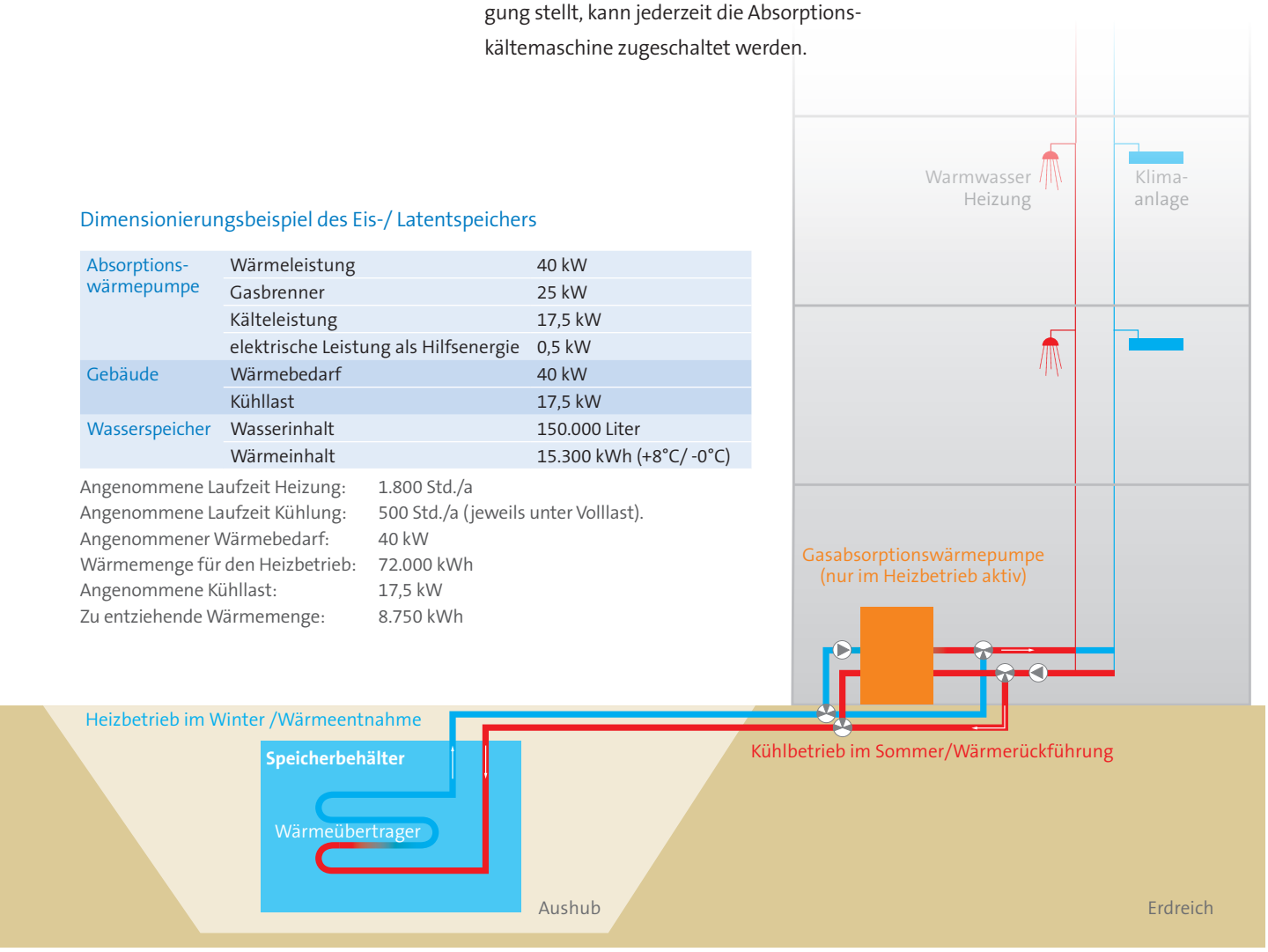
Die Kombination Gasabsorptionswärmepumpe / Eisspeicher ermöglicht die Nutzung beider Energieströme und erreicht auf diese Weise eine Gesamtenergieeffizienz von über 200 % - bezogen auf die eingesetzte Primärenergie. Betrachtet man Sommer und Winter getrennt, heißt das, dass im Winter mit einer Effizienz von ca. 160 % geheizt wird und die dabei im Eisspeicher gespeicherte Kälte im Sommer nahezu ohne weiteren Energieeinsatz zum Kühlen genutzt werden kann. Wird die Kälte des Eisspeichers im Sommer zum Kühlen genutzt, kann im Gegenzug die dem Gebäude entzogene Wärme dem Eisspeicher zugeführt werden. Diese Abwärme lässt das Eis des Eisspeichers zu Wasser schmelzen und steht am Ende der Kühlperiode als warmes Wasser zur Verfügung. Die dem Eisspeicher zurückgeführte Energie entspricht der Kälteleistung des Gebäudes, also der durch die Sonne in das Gebäude eingetragene Wärme. So wird während des Sommers Sonnenenergie in den Eisspeicher eingespeist, welche dem Speicher im Winter zum Heizen wieder entzogen wird. Das Gebäude fungiert quasi als Solaranlage. Wird eine größere Kälteleistung benötigt, als der Eisspeicher zur Verfügung stellt, kann jederzeit die Absorptionskältemaschine zugeschaltet werden.

Auf diese Weise ist das System Gasabsorptionswärmepumpe mit Eisspeicher nicht nur eine hocheffiziente Heizung mit Nutzung von Solarenergie, sondern auch eine Kälteanlage, die Kälte nahezu ohne energetischen Aufwand bereitstellen kann und darüber hinaus ein Langzeitsolarspeicher, der die Sonnenwärme des Sommers im Winter nutzbar macht. Die hierfür notwendige Solaranlage ist das Gebäude selbst – eine weitere Solaranlage ist nicht erforderlich.

Dimensionierungsbeispiel des Eis-/ Latentspeichers

Absorptions-wärmepumpe	Wärmeleistung	40 kW
	Gasbrenner	25 kW
	Kälteleistung	17,5 kW
	elektrische Leistung als Hilfsenergie	0,5 kW
Gebäude	Wärmebedarf	40 kW
	Kühllast	17,5 kW
Wasserspeicher	Wasserinhalt	150.000 Liter
	Wärmeinhalt	15.300 kWh (+8°C/ -0°C)

Angenommene Laufzeit Heizung:	1.800 Std./a
Angenommene Laufzeit Kühlung:	500 Std./a (jeweils unter Volllast).
Angenommener Wärmebedarf:	40 kW
Wärmemenge für den Heizbetrieb:	72.000 kWh
Angenommene Kühllast:	17,5 kW
Zu entziehende Wärmemenge:	8.750 kWh



6 Gasabsorptionswärmepumpen in der Praxis

Wärmequellen aus der Umwelt (Wärmeleistungsbereich 26 bis 80 kW)

Externe Wärmequellen:

Wasser

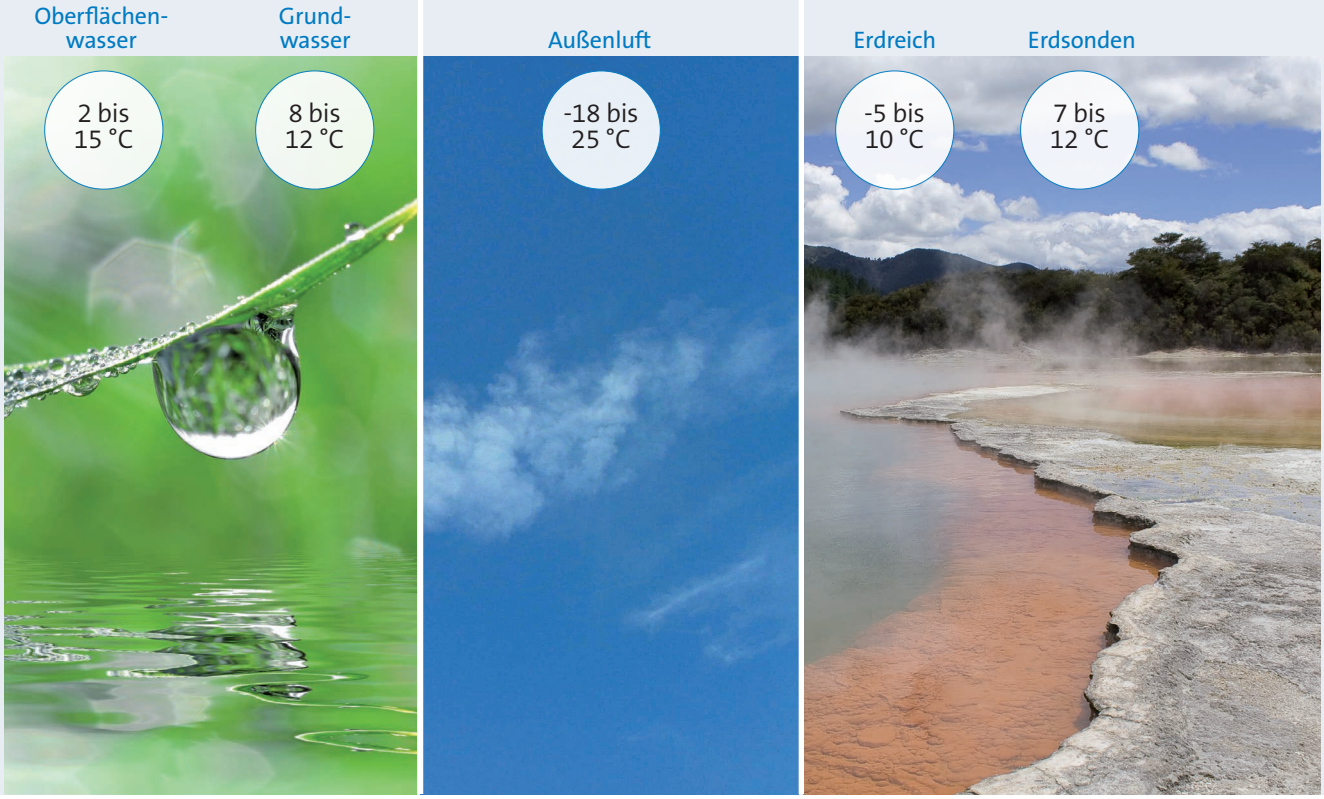
Im Bereich Wasser können beispielsweise Sickergruben oder Grundwasserbrunnen genutzt werden. Vorteilhaft ist, dass Gasabsorptionswärmepumpen im Gegensatz etwa zu Elektrowärmepumpen auch mit einer geringen Wassermenge eine hohe Heizleistung erzeugen können. Bei der Nutzung von Umweltwärme aus Grund- und Oberflächenwasser müssen wasserwirtschaftliche und ökologische Aspekte beachtet werden. Im Falle von Flüssen, Seen und Bächen ist eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich.

Außenluft

Die Nutzung der Außenluft mittels Luftkollektor hat den Vorteil der zeitlich und örtlich fast unbegrenzten Verfügbarkeit. Bei Frost ist die Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle Außenluft und der benötigten Temperatur für den Heizkreis größer. Die Gaswärmepumpe arbeitet unter Nutzung dieser Wärmequelle etwas weniger effizient, als wenn zum Beispiel Erdwärme als Quelle genutzt wird.

Erdwärme

Für die Nutzung der im Boden gespeicherten Wärme werden im oberflächennahen Bereich Erdwärmekollektoren sowie Erdkörbe und im oberflächenfernen Bereich in ca. 60 Meter tiefe Erdwärmesonden eingesetzt. Der Einsatz von Erdwärmekollektoren bietet sich nur an, wenn weitläufige Flächen rund um das Gebäude vorhanden sind. Die Leistung einer Erdsonde ist von der Beschaffenheit des Erdreichs und vom Grundwasserfluss abhängig. Ab einer Tiefe von ca. 15 bis 20 m ist die Temperatur konstant und vom aufwärtsgerichteten Wärmestrom der Erde bestimmt. Somit kann die Erdwärme in dieser Tiefe ganzjährig genutzt werden.



Solar

Werden thermische Solarkollektoren als Wärmequelle verwendet und mit einer Gaswärmepumpe kombiniert, können hohe Nutzungsgrade erzielt werden. In den Übergangszeiten kann die Umweltwärme mit einem niedrigeren Temperaturniveau genutzt werden. Bei der Verwendung von thermischen Solarkollektoren als Wärmequelle für Gaswärmepumpen ist weniger Kollektorfläche als bei Heizungsanlagen mit solarer Unterstützung notwendig.

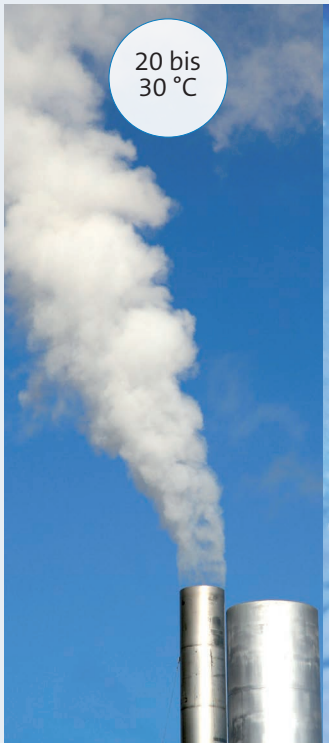
Solarthermie

Interne Wärmequellen:

Abluft

Zukünftig soll als Wärmequelle auch die Abluft von Lüftungssystemen (z. B. der kontrollierten Wohnraumlüftung) genutzt werden können, um einen noch höheren Wirkungsgrad des Systems zu erreichen.

Abluft



Abwasser

Kühlwasser*

* aus technischen Prozessen

Betriebsarten der Gasabsortionswärmepumpe

Gasabsorptionswärmepumpen sind sowohl für den Neubau als auch für die Gebäudemodernisierung geeignet. Die Nutzung des vorhandenen Wasserkreislaufes ist möglich. Werden höhere Wärmeleistungen benötigt, können Gasabsorptionswärmepumpen kaskadiert oder mit Gasbrennwertgeräten kombiniert werden (bivalenter Betrieb). Darüber hinaus gibt es Anbieter, die für größere Objekte Gasabsorptionswärmepumpen mit einer Wärmeleistung von bis zu 15.000 kW anbieten.

Die Einsatzbereiche von Gasabsorptionswärmepumpen sind vielseitig. Sie können entweder zum Heizen, Kühlen oder für beide Zwecke gleichzeitig genutzt werden. Darüber hinaus können sie die Entfeuchtung der Raumluft übernehmen.

Je nach Temperaturniveau der Wärmequelle, dem Wirtschaftlichkeitsanspruch des Bauherrn und dem bauartspezifischen Regelverhalten der Gasabsorptionswärmepumpe kann es sinnvoll sein, den Wärmebedarf eines Gebäudes zwischen der Gasabsorptionswärmepumpe und einem weiteren Wärmeerzeuger aufzuteilen. Folgende Betriebsarten können angewandt werden:

Monovalenter Betrieb

Beim monovalenten Betrieb wird der gesamte Heizwärmebedarf ausschließlich von der Gasabsorptionswärmepumpe abgedeckt. Hierfür sind Objekte mit einem Leistungsbereich von 15 kW bis ca. 150 kW geeignet, z.B.

- Mehrfamilienhäuser
- Hotels / Restaurants
- Kundenzentren
- EDV-Räume
- Gewerbegebäude
- Ladenlokale / Supermärkte
- Ausstellungs- und Veranstaltungsräume
- Kühlräume

Bivalenter Betrieb

Ein bivalenter Betrieb liegt vor, wenn die Gasabsorptionswärmepumpe die Grundlast abdeckt und ein separater Spitzenlastkessel die Restwärme im Parallelbetrieb erzeugt. In dieser Kombination können Objekte bis ca. 600 kW mit Heizwärme versorgt werden, z.B.

- Krankenhäuser
- Schwimmbäder
- Verwaltungsgebäude
- Einkaufszentren, Kaufhäuser, Autohäuser
- Verfahrenstechnik (z.B. Heizen und Kühlen bei Produktionsprozessen)

Bivalent-alternativer Betrieb:
Er bietet sich in Situationen an, bei denen konventionelle Gasheizkessel wirtschaftlicher arbeiten als Gaswärmepumpen, wie z. B. bei sehr tiefen Außentemperaturen in Verbindung mit einem System mit Nutzung der Außenluft als Wärmequelle. In diesem Fall ist nur der wirtschaftlichere Wärmeerzeuger in Betrieb.

Multivalenter bzw. modularer Betrieb:
Diese Betriebsart greift auf mehr als zwei Heizsysteme zu und kann im Hinblick auf die Nutzung regenerativer Energien, wie Solarwärme oder die direkte Nutzung von Abwärme, von Vorteil sein. Die Mess- und Regelungstechnik-Industrie bietet inzwischen Automatisierungsgeräte, die diese Betriebsart auch in kleineren Anlagen ermöglicht und den Einsatz von Gaswärmepumpen in Verbindung mit erneuerbaren Energien erlaubt.

Einsatz in der Industrie

Beispiele für den Einsatz von Gasabsorptionswärmepumpen in industriellen Anwendungen

Chemische Industrie
- Petrochemie
- Prozesswärme zur Herstellung von:
  · Düngemitteln
  · Kunststoffen

Trocknung
Entfernung von Wasser oder anderen Flüssigkeiten:
- Papierherstellung
- Holztrocknung
- Textilindustrie

Lebensmittelindustrie
Reinigungs- und Desinfektionszwecken:
- Molkereien
- Brauereien
- Zuckerherstellung

Metallverarbeitung
- Galvanisierung von Stählen
- Lackierereien

Landwirtschaft
Beheizung von:
- Gewächshäusern
- Fischzuchtbecken
- Ställen zur Viehzucht

Anwendungsbeispiele

Moderne Kühlung eines Rechenzentrums bei der Fa. Sohnix AG, Rostock

Vorteile der Kopplung eines mit Erdgas betriebenen BHKW + Adsorptions-kältemaschine für das Rechenzentrum:

- Heizen und Kühlen mit einem System
- unabhängig von steigenden Strompreisen
- zweite Stromquelle durch den Einsatz des BHKW verfügbar: Ausfallsicherheit der Server

Kühlsystem: Fünf InvenSor Adsorptionskältemaschinen LTC 09

- insgesamt 45 kW Nennleistung
- 2.000 Liter Pufferspeicher
- geschlossene trockene Rückkühlung
- bereits bei 65° C wird eine Nennleistung der Adsorptionskälte-maschine von 100 % erreicht

Antriebswärme:
BHKW: Buderus Loganova EN50

- 80 kW thermische Leistung
- 0 kW elektrische Leistung
- Gesamtwirkungsgrad bei ca. 87,8 %
- 4.500 Liter Pufferspeicher
- Laufzeit in 2012: 5.824 h

Was wird beheizt / gekühlt?

- Kühlung von fünf 19 Zoll Serverschränken
- Beheizung und Kühlung des Gebäudes
- Fußbodenkühlung der Büroräume

Funktionsbeschreibung der Anlage

Das Rechenzentrum besteht aus jeweils fünf Zellen, in denen die Server untergebracht sind. Jede Zelle hat eine Größe von 24 m² und wird konstant auf 25° C gekühlt. Im Winter kann die sogenannte Free-Cooling Funktion der Adsorptionskältemaschinen von InvenSor genutzt werden, um das kalte Wasser zur Serverkühlung direkt ohne Nutzung des BHKW bereitzustellen. Die Kühlung erfolgt dabei direkt über die Außeneinheit, ohne dass eine thermische Quelle die Adsorptionskältemaschine antreibt.

Das BHKW kann somit für die Heizung des Gebäudes genutzt werden. Anstelle einer großen Klimaanlage besteht die benutzte InRow-Technik aus mehreren kleinen Kühleinheiten, die zwischen den Racks platziert sind. Diese Kühleinheiten geben nach vorne Kaltluft ab, die von den umgebenden Racks eingesogen wird und dort die Abwärme der Server aufnimmt. Diese Warmluft wird auf der Rückseite der Rackreihe wieder von der Kühleinheit aufgenommen. Als Kältemedium fließt das gekühlte Wasser, das die InvenSor Maschinen liefern, durch die Serverschränke. Der Strombedarf jedes 19-Zoll Schranks liegt bei 24 kW, die Einrichtung Facility verbraucht 6 kW.

Bestandsbausanierung

2 Wohnhäuser mit 16 bzw. 12 Wohneinheiten

Wohnfläche: insgesamt 1.880 m²

- Gasabsorptionswärmepumpe der Fa. Robur
- Leistung 35 kW

Grundlast / Spitzenlast

- 2/3 der Heizenergie werde durch die Gasabsorptionswärmepumpe abgedeckt, 1/3 durch einen Erdgas-Spitzenlastkessel (95 kW)

Wärmequelle Sole/Wasser

- Installation von 2.400 m PE-Rohr in ca. 1,4 m Tiefe, verteilt auf ca. 1.000 m².

Wärmeverteilung im Haus

- Wärmeverteilsystem: Heizkörper
- Sanierung der Heizungs- und Wasserrohre
- Durch Dämmung der Gebäudehülle konnte die Vorlauftemperatur auf 55° C abgesenkt werden
- Monitoring über Wärmemengenzähler

Einsparergebnis

- Einsparung von 8.499 m³ Erdgas (-29,3% gegenüber dem Vorjahr mit alter Heizungsanlage)
- Reduzierung der Heizkosten pro Monat für eine 75m² Wohnung: von ca. 105 € auf ca. 41 €

7 Hinweise für die Planung und Auslegung

Faktoren für die Planung

Ein behagliches Raumklima und der langfristige funktionssichere Betrieb von Gasabsorptionswärmepumpen hängen nicht nur von den Geräten selbst ab; sie werden auch von der Planung und Installation maßgeblich beeinflusst. Neben der Gerätegröße sind Faktoren wie der Aufstellort der Außen- und Innengeräte, die Luftverteilung im Raum und akustische Bedingungen (Schalldruckpegel) zu berücksichtigen. Für das Gesamtergebnis ist entscheidend, dass alle Komponenten zueinander passen und die Anlage für die konkreten Betriebsbedingungen ausgelegt wird.

Wichtig ist die genaue Heiz- bzw. Kühllastberechnung zur Dimensionierung der einzelnen Gerätekomponenten. Die Gerätehersteller bieten zur Unterstützung bei der Planung und Auslegung zahlreiche Arbeitshilfen für die richtige Dimensionierung, Checklisten usw. an. Weitere Informationen dazu bieten auch die Webseiten der Hersteller. Nachfolgend wollen wir Ihnen einige grundsätzliche Planungshinweise geben:

Aufstellung der Geräte

Es gibt Gasabsorptionswärmepumpen für die Aufstellung im Außen- und im Innenbereich. Die Außengeräte sind wetterfest, brauchen also bei der Aufstellung im Freien auch im Winter keinen zusätzlichen Schutz. Wichtig ist, dass sie in einem Bereich mit natürlicher Luftzirkulation aufgestellt werden.

- Auch bei Temperaturen unter 0 °C können Gasabsorptionswärmepumpen für den Außenbereich noch Energie aus Luftkollektoren – als preisgünstige Alternative zu Erdsonden - gewinnen und arbeiten auch unter diesen Bedingungen deutlich effizienter als der modernste Brennwertkessel.
- Alle Geräte müssen an eine Abgasleitung bzw. an einen Schornstein angeschlossen werden (mit Ausnahme von Geräten, die im Freien aufgestellt werden).
- Für den Wasserkreislauf wird bei Außenaufstellung im Winter ein Frostschutzmittel benötigt. Kann die Strom- und Gasversorgung des Gerätes nicht ständig sichergestellt werden, so ist ein Frostschutzmittel mit Glykol erforderlich.

Heizkörpersysteme

- Die von der Gasabsorptionswärmepumpe erzeugte Wärme kann über das Verteilsystem wahlweise an die Fußbodenheizung, konventionelle Heizkörper oder Radiavektoren geleitet werden.
- Gasabsorptionswärmepumpen erreichen in Kombination mit Niedertemperaturheizsystemen (z. B. Flächenheizsystemen) eine sehr gute Jahresheizzahl. In Neubauten kann in dieser Kombination eine effiziente Wärmeversorgung umgesetzt werden. Bestandsbauten erfordern aufgrund schlechterer Dämmung eine höhere Vorlauftemperatur, die durch Unterstützung des Gasbrenners in der Absorptionswärmepumpe erzeugt werden kann.

8 Informationen

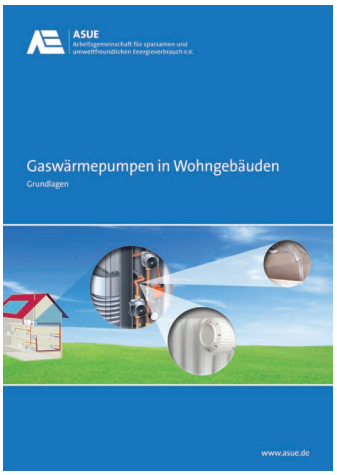
Kombination von mehreren Geräten

- Werden zwei oder mehrere Gasabsorptionswärmepumpen installiert, besteht beispielsweise die Möglichkeit, Teile des Gebäudes zu kühlen, während andere Teile beheizt werden. Da die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe unter Normalbedingungen sehr hoch ist, kann dies in milden Klimazonen dazu führen, dass durch die erzielte Energieeinsparung während der Heizperiode das Gas für das Kühlen im Sommer quasi erwirtschaftet wird.
- Gasabsorptionswärmepumpen können innerhalb einer Heizungsanlage sehr gut mit anderen Heizmodulen, beispielsweise BHKW und/oder Spitzenlastkessel sowie Abgaswärmeübertragern, kombiniert werden, um so die optimale Anlage für den jeweiligen Anwendungsfall zu bilden.
- Der modulare Aufbau einer Anlage mit mehreren Gasabsorptionswärmepumpen sorgt für Ausfallsicherheit und ermöglicht es Gewerbe- und Industriebetrieben, ihre Produktion flexibel jeweiligen Bedürfnissen anzupassen.

Gebäudekühlung

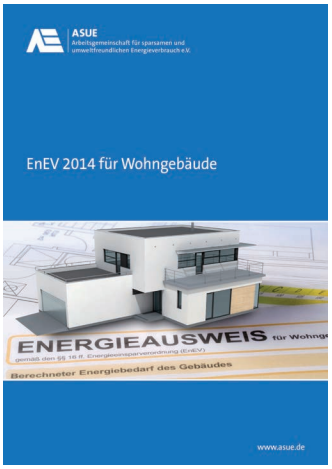
- Bei der Planung für die Gebäudekühlung wird häufig die Grundlast durch eine Kältemaschine abgedeckt und die benötigte Leistung für die Spitzenlast von einem zusätzlichen Kälteerzeuger bereitgestellt. Somit ergeben sich höhere Volllaststunden der Kältemaschine und eine höhere Wirtschaftlichkeit.

Broschüren



Gaswärmepumpen in Wohngebäuden – Grundlagen
Bestellnummer 06 11 13

Marktübersicht Gaswärmepumpen 2013/2014
Bestellnummer 06 07 13



EnEV 2014 für Wohngebäude
Bestellnummer 09 05 14

Erdgas-Brennwertsysteme mit solarthermischer Heizungsunterstützung.
Bestellnummer 09 02 14

Fotos: Stephen VanHorn (1 o.); Ashkan Nasirkhani (1 u.); Volkmar Gorke (2 li.); Sam Spiro (2 re); Özgür Güvenç (3); slava296 (4); Felix Hug (5); Michael Willems (10 li.); Ludovic LAN (10 re.); vencav (16 li.); Isabella Wertschnig (16 re.); Martin Friese (17 li.); Feng Yu (17 2.v.li.; studioDG (17 2.v.re.); pemitaki (17 re.); Luis Monteiro (18 li.); Julia Britvich (18 re.); Kruwt (19); antiksu (22); Frank Neumann (20); djama (21)

Herausgeber
ASUE Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e.V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

Telefon 0 30 / 22 19 1349-0
info@asue.de
www.asue.de

Bearbeitung
ASUE-Arbeitskreis
„Gaswärmepumpen / Kältetechnik“

Grafik
Kristina Weddeling, Essen

Bezug
energiedruck
Verlag für sparsamen und
umweltfreundlichen Energieverbrauch
Girardetstraße 2-38, Eingang 4
45131 Essen

Telefon 02 01 / 799 89 204
Telefax 02 01 / 799 89 206
www.energiedruck.de
bestellung@energiedruck.de

Gaswärmepumpen
in Gewerbe und Industrie
Bestellnummer: 06 09 14
Schutzgebühr: 3,70 € / 3,96 €
(zzgl./inkl. 7 % MwSt.)
Stand: September 2014

Überreicht durch:

Hinweis
Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr
für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben.