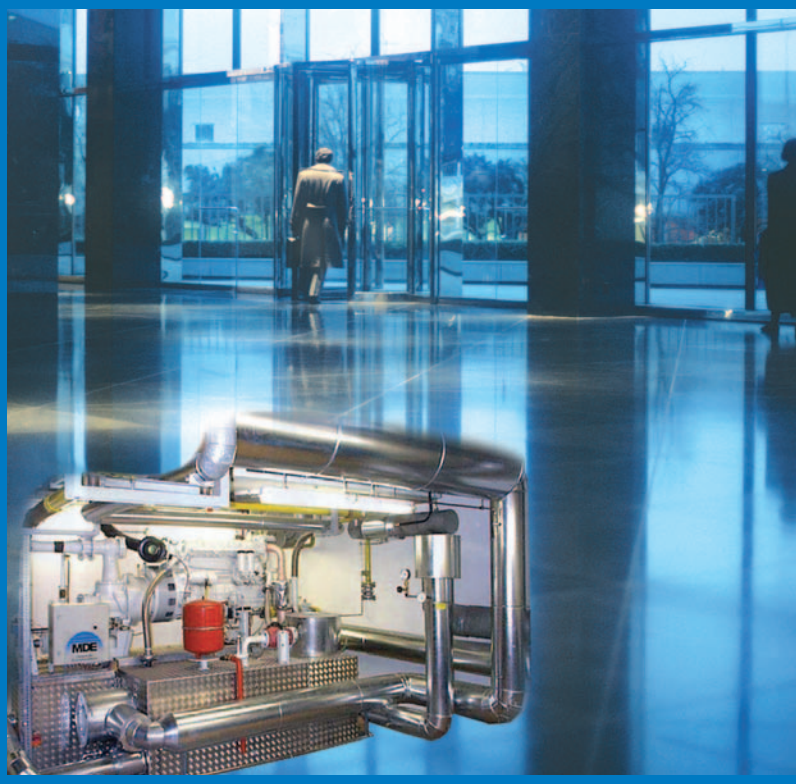
ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.



Gaswärmepumpen

Inhalt

1 Allgemeine Grundlagen / Vorteile 3
- Weltweiter Trend zu Gaswärmepumpen – Steigerung der Energie-Effizienz
- Primärenergieeinsatz unterschiedlicher Heizsysteme
- Gaswärmepumpe als CO_2-Einsparer
- So funktioniert die Wärmepumpe

2 Die Technik der Gaswärmepumpe 8
- Kompressionswärmepumpe mit Gasmotor-Antrieb
- Direktbefeuerte Gasabsorptionswärmepumpe
- Wärmequellen für Gaswärmepumpen
- Kältemittel und Stoffpaare für Gaswärmepumpen

3 Einsatzbereiche und Betriebsweisen von Gaswärmepumpen 12
- Einsatzbereiche von Gaswärmepumpen
- Betriebsarten von Gaswärmepumpen

4 Planung und Auslegung von Gaswärmepumpen 14
- Dimensionierung der Gaswärmepumpe im bivalenten Betrieb
- Einbindung der Gasmotorwärmepumpe in ein Heizsystem
- Beurteilung der Effizienz von Wärmepumpen

5 Blick in die Praxis: Produkte und Beispiele 18
- Gasbetriebene Wärmepumpen für das Ein- und Zweifamilienhaus
- DAWP-Gerät
- Gasmotorisch angetriebene Klimageräte aus Japan
- Beispiel: Nahwärme-Ost, Göppingen
- Beispiel: „Panoramabad“, Freudenstadt

6 Anbieterverzeichnis Gaswärmepumpen 23

Herausgeber
ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.
Bismarckstraße 16,
67655 Kaiserslautern
Telefon: 06 31/360 90 70
E-Mail: info@asue.de
www.asue.de

Bearbeitung:
ASUE-Arbeitskreis „Gaswärmepumpen und Kältetechnik“
insb. Tibor Brockmann, Christoph Butterweck, Cord Müller, Bernd Utesch, Werner Wölting
Redaktion: Wolfgang Schmid, München
Grafik: Kristina Weddeling, Essen
Vertrieb: Verlag Rationeller Erdgaseinsatz
Postfach 25 47, 67613 Kaiserslautern
Telefax: 06 31/360 90 71

Gaswärmepumpen
Best.-Nr. 06 12 02
Schutzgebühr: 2,00 €

Stand: 15. Dezember 2002

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

Weltweiter Trend zu Gaswärmepumpen – Steigerung der Energie-Effizienz

Nach einer stürmischen Wachstumsphase Ende der 70er/Anfang der 80er Jahre mit anschließender Stabilisierung auf niedrigem Niveau sind Gaswärmepumpen jetzt wieder im Aufwind. Die Gründe für das steigende Interesse könnten vielfältiger kaum sein: Erstmals eröffnet die Energieeinsparverordnung (EnEV) einen zusätzlichen Spielraum, Dämmung durch CO_2-sparende Heiztechnik zu ersetzen. Hinzu kommt ein sinkender Heizwärmebedarf moderner Gebäude bei gleichzeitig wachsendem Kühlbedarf, hervorgerufen durch die steigende Ausstattung mit Bürotechnik bzw. durch den Trend zur Glasarchitektur bei modernen Bürogebäuden.

Parallel dazu setzten sich in den letzten Jahren innovative Heiz-/Kühlsysteme auf breiter Front durch, beispielsweise die Bauteiltemperierung oder Heiz-/Kühldecken. Die niedrigen Auslegungstemperaturen moderner Gebäudetemperiersysteme und die relativ konstanten Wärmequellentemperaturen erdgekoppelter Systeme bieten ideale thermodynamische Voraussetzungen für den Einsatz von Gaswärmepumpen, das bedeutet einen geringen Temperaturhub sowie relativ stabile Temperaturverhältnisse sowohl auf der Verdampfer- als auch auf der Verflüssigerseite.

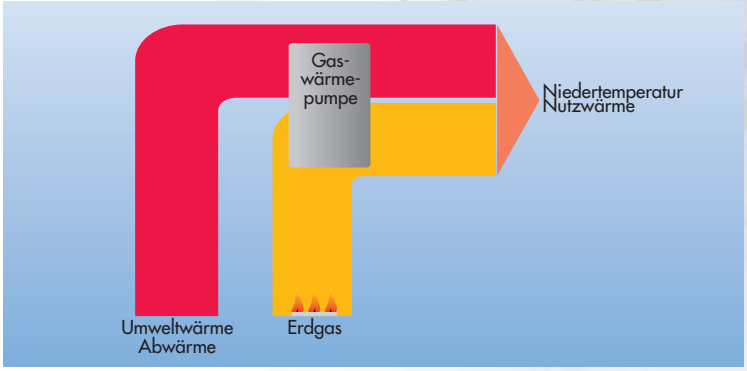
Die teils gravierenden Veränderungen der baulichen Rahmenbedingungen gehen einher mit einer qualitativen Verbesserung von Gaswärmepumpen bezüglich ihrer energetischen Effizienz, Verfügbarkeit und Wartungsfreundlichkeit. Insbesondere die Langzeiterfahrungen mit Gasmotoren in Blockheizkraftwerken wirken sich positiv auf die Konzeption von Gaswärmepumpen aus.

Japanische Hersteller nutzen jetzt die positive Stimmung zur Einführung innovativer „Gas Heat Pumps" (GHP) in Europa. Die kompakten gasmotorisch angetriebenen Wärmepumpen-Klimageräte aus Fernost mit Heiz-/Kälteleistungen zwischen 18/14 und 67/56 kW, werden sowohl als VRV-Splitsystem mit Kältemittel-Direktexpansion als auch mit wassergeführten Systemen angeboten.

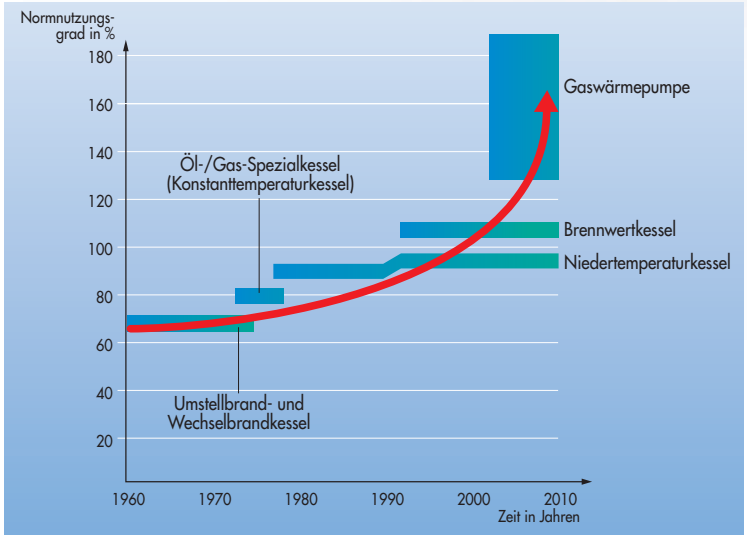
Ebenso wie die Gasmotorwärmepumpe ist auch die Verbesserung der Gasabsorptionswärmepumpe stark von den Gegebenheiten in Japan, aber auch in China und in den USA geprägt. Aufgrund der durch Klimaanlagen hervorgerufenen hohen sommerlichen Spitzenlast bei der Stromversorgung konnten sich direktbefeuerte Flüssigkeitskühlsätze nach dem Absorptionsprinzip deshalb in vielen Ländern Asiens sowie in den USA stärker durchsetzen.

Dieser Nachfrageschub führte in den letzten Jahren zu einem wachsenden Angebot an hocheffizienten Absorptionskältemaschinen, die auch als Wärmepumpen eingesetzt werden können.

Nicht zuletzt wurde in den vergangenen Jahren auch in Deutschland die Entwicklung von gasangetriebenen Wärmepumpen forciert. Aktuelle Produktvorstellungen im Leistungsbereich bis 20 kW zielen allerdings mehr darauf ab, dem energie- bzw. umweltbewussten Bauherrn eine Alternative bzw. Ergänzung zum Heizkessel anzubieten. Allerdings soll es auch bei diesen Produktreihen künftig eine Kühloption geben.



Energieflussdiagramm Gaswärmepumpe – Prinzip



Steigerung der Energie-Effizienz von Heizsystemen: Mit Erdgas wurden im Laufe der letzten Jahrzehnte neue rationelle Energieanwendungstechnologien ermöglicht und die Energie-Effizienz kontinuierlich gesteigert.

Primärenergieeinsatz unterschiedlicher Heizsysteme

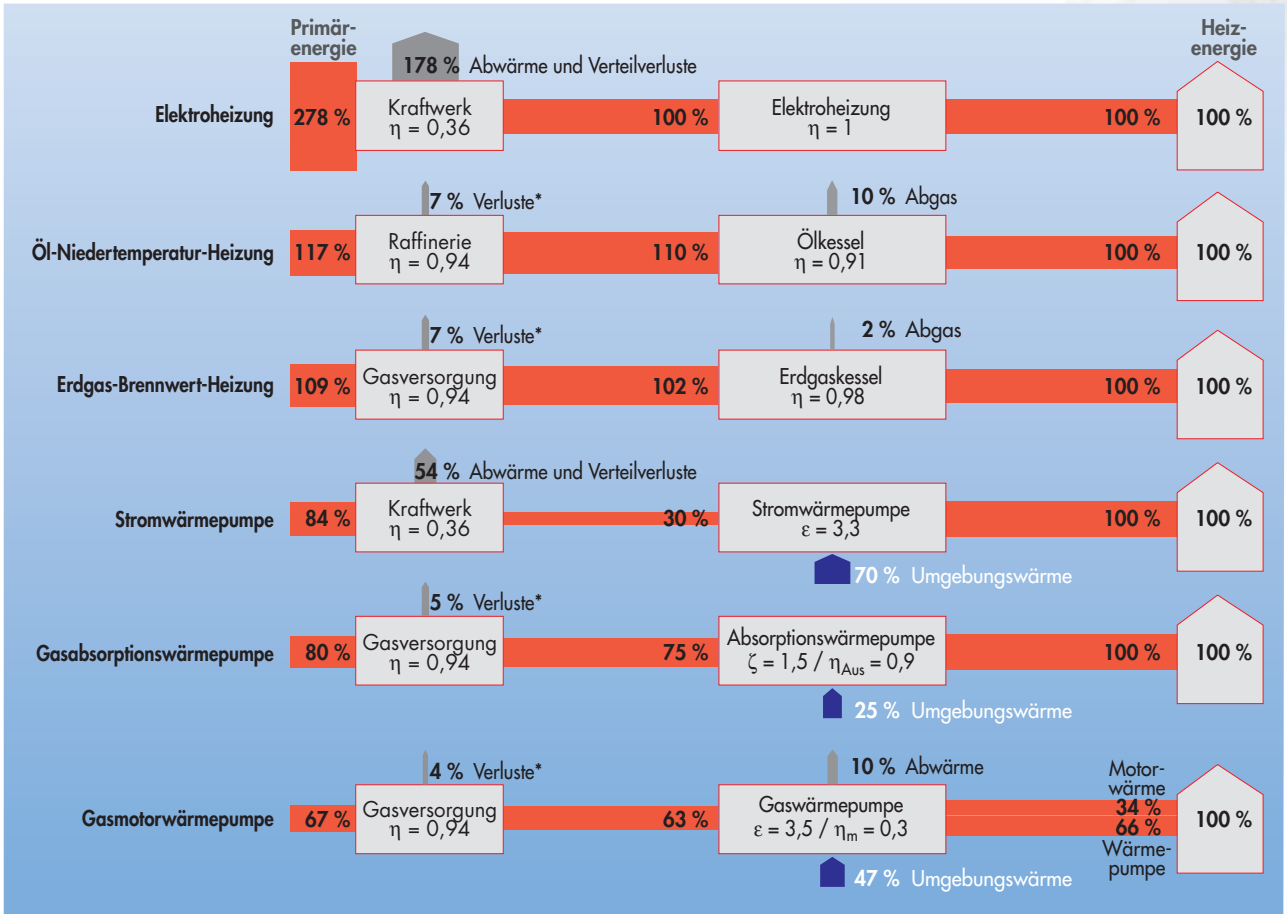
Generell lassen sich mit Wärmepumpen aufgrund der Nutzung von kostenloser, regenerativer „Umweltenergie" bzw. von Abwärme bedeutende Einsparungen von Primärenergie erschließen. Damit tragen Wärmepumpen, insbesondere solche mit Gasantrieb, zu einer wesentlichen Verminderung der CO_2-Emissionen bei.

Um dies zu veranschaulichen, wird im folgenden der Primärenergieeinsatz verschiedener Heizungssysteme unter Berücksichtigung der jeweiligen Umwandlungs- und Verteilungsverluste miteinander verglichen. Bezugspunkt ist die an den Nutzer abgegebene Heizenergie von 100 Prozent.

Betrachtet werden zunächst die Elektro-Heizsysteme, bei denen Strom in Wärme umgewandelt wird. Zur Ermittlung des Primärenergieeinsatzes für Elektroheizungen wird in der Regel der „Strommix" eingesetzt, der die prozentualen Anteile der in Deutschland üblichen Kraftwerkstypen und deren Umwandlungsgrade über Tag- und Nachtbetrieb – gemittelt über ein Jahr – berücksichtigt. Die Gegenüberstellung zeigt, dass bei der elektrischen Heizung 278 % an Primärenergie eingesetzt werden muss, die im Kraftwerk lediglich zu 36 % in Strom umgewandelt wird, so dass 178 % der Primärenergie als Abwärme und Verteilungsverluste verloren gehen. Gegenüber diesem relativ schlechten Wirkungsgrad erfolgt anschließend die Umwandlung von Strom in Wärme bei elektrischen Heizgeräten verlustfrei mit einem Wirkungsgrad von 1.

Mit Heizöl EL betriebene Niedertemperaturheizkessel haben einen Nutzungsgrad von $\eta = 0{,}91$. Bei einem angenommenen Raffineriewirkungsgrad von 94 % erfordern Öl-Niedertemperaturheizungen einen Primärenergieeinsatz von 117 %.

Zur Beurteilung des notwendigen Primärenergieeinsatzes bei Erdgas-Zentralheizungen wird der Nutzungsgrad eines Brennwertkessels ($\eta = 0{,}98$) eingesetzt. Daraus ergibt sich bei einem angenommenen Wirkungsgrad der Gasversorgung von 0,94 ein Primärenergieeinsatz von 109 %.



4 *Primärenergieeinsatz verschiedener Heizsysteme (Warmwasserbereitung nicht berücksichtigt)*

* *Förderungs-, Transport-, Umwandlungs- und Verteilverluste sowie Energieaufwand Transport*

Bei Wärmepumpen ist die Leistungszahl ε abhängig von der verfügbaren Wärmequelle und der Nutztemperatur. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen liegt ε zwischen 2,3 und 2,8 und bei Erdreich-Wasser-Wärmepumpen zwischen 2,8 und 3,8. Als mittlere Leistungszahl für die Elektrowärmepumpe mit Erdreich als Wärmequelle wird bei dieser Gegenüberstellung ein Wert von ε = 3,3 angenommen. Somit bezieht die Wärmepumpe mit Stromantrieb 70 % der Heizenergie aus der Umgebung und erfordert einen Primärenergieeinsatz von 84 %.

Die direktbefeuerte Gasabsorptionswärmepumpe hat im Mittel ein Wärmeverhältnis von 1,5. Für den Gasbrenner wird ein Wirkungsgrad von η = 0,9 und für die Gasversorgung ein Wirkungsgrad von 0,94 festgelegt. Für die Gasabsorptionswärmepumpe ergibt sich ein notwendiger Primärenergieeinsatz von 80 %. Etwa 25 % der Heizenergie wird aus der Umgebung bezogen.

Die gewählte Leistungszahl der Gasmotorwärmepumpe liegt mit ε = 3,5 geringfügig höher als bei der Strom-Wärmepumpe. Durch die Nacherwärmung des Heizungswassers über die Motorabwärme kommt die Gaswärmepumpe mit einem geringeren Temperaturhub aus und erreicht somit eine etwas bessere Leistungszahl. Rund 47 % der Heizenergie wird aus der Umgebungswärme bezogen. Durch die zusätzliche Nutzung der Abwärme des Gasmotors ist nur noch ein Primärenergieeinsatz von 67 % erforderlich. Daher gilt die Gasmotorwärmepumpe als besonders ressourcen- und umweltschonend.

Gaswärmepumpe als CO_2-Einsparer

Gaswärmepumpen sind gegenüber anderen Heizsystemen nicht nur energetisch im Vorteil, sondern auch ökologisch. Dies ist das Ergebnis eines Vergleichs der CO_2-Emissionen unterschiedlicher Heizsysteme in einem Niedrigenergiehaus nach EnEV-Standard, bei dem verschiedene Primärenergieträger zum Einsatz kommen.

Die Gegenüberstellung bezieht sich auf einen spezifischen Heizwärmebedarf von 70 kWh/m²a und einer Wohnfläche von 150 m². Daraus ergibt sich ein Jahres-Heizenergiebedarf von 10.500 kWh/a. In der folgenden Übersicht werden die einzusetzende Primärenergie – bezogen auf das Heizsystem – sowie die damit verbundenen spezifischen CO_2-Emissionen (kg CO_2/kWh$_{Primärenergie}$) unter Berücksichtigung der CO_2-Produktion des jeweiligen Energieträgers dargestellt.

Für die Elektroheizung wurde eine spezifische CO_2-Emission gemäß festgelegtem Strommix von 0,2 kg CO_2 pro kWh eingesetzter Primärenergie für die Stromerzeugung angenommen.

Würde man in diesem Haus die unterschiedlichen Heizsysteme durch eine Gasmotorwärmepumpe ersetzen, so ergeben sich CO_2-Minderungen zwischen 4,4 Tonnen CO_2 pro Jahr (direktes Elektroheizsystem) und 273 kg CO_2 pro Jahr (Gasabsorptionswärmepumpe). Die Gasmotorwärmepumpe weist damit im Vergleich zu anderen Heizsystemen die größte Primärenergieeinsparung auf. Allerdings bietet der Markt bislang noch keine Standardprodukte in diesem Leistungsbereich an.

Heizung mit	Primärenergieeinsatz (vgl. S. 4)	Primärenergie [kWh/a] bei Jahresheizenergiebedarf von 10.500 kWh/a	Spezifische CO_2-Emissionen [kgCO_2/kWh$_{Primärenergie}$]	CO_2-Emissionen [kgCO_2/a]
Strom	278 %	29.190	0,20	5.838
Heizöl EL	117 %	12.285	0,26	3.194
Erdgas	109 %	11.445	0,20	2.289
Strom-WP	84 %	8.820	0,20	1.764
Gasabsorptions-WP	80 %	8.400	0,20	1.680
Gasmotor-WP	67 %	7.035	0,20	1.407

Primärenergieeinsatz unterschiedlicher Heizsysteme in einem Niedrigenergiehaus (Warmwasserbereitung nicht berücksichtigt)

So funktioniert die Wärmepumpe

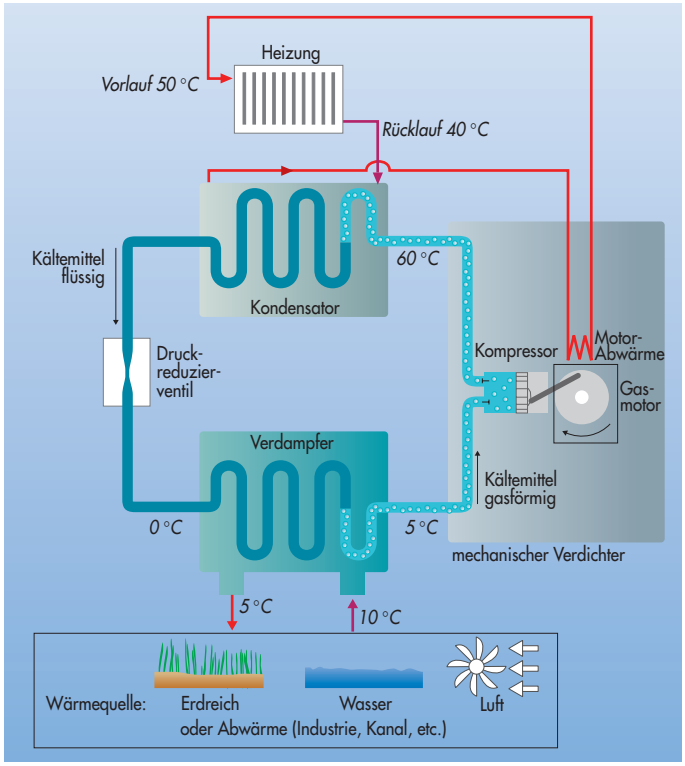
Kompressionswärmepumpe

Die meisten in Deutschland installierten Wärmepumpen arbeiten nach dem Kaltdampfprozess mit einem Elektromotor oder einem Gasmotor als Antrieb für den Kältemittel-Verdichter (Kompression). Das Grundprinzip ähnelt dem eines Kühlschrankes: Dem Kühlgut wird mit Hilfe eines Kreisprozesses Wärme entzogen, die zusammen mit der Antriebsenergie für den Kältemittel-Verdichter an der Rückseite des Kühlschrankes an den Raum abgegeben wird.

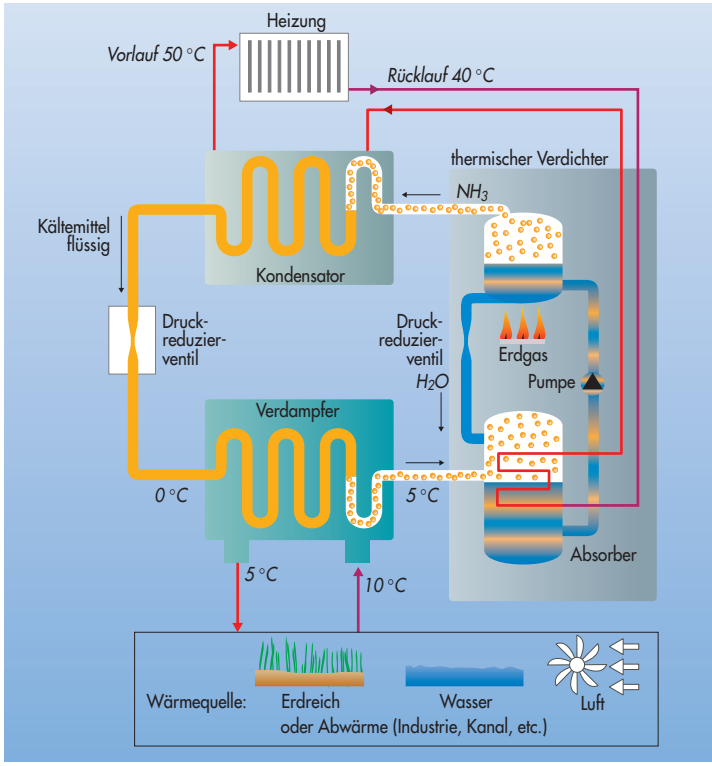
Bei Wärmepumpen läuft der gleiche Prozess ab: Hier wird nur nicht dem Kühlgut, sondern der Umwelt Wärme entzogen. Die dafür notwendige Antriebsenergie für den Kältemittel-Verdichter wird – zusammen mit der aus der Umwelt aufgenommenen Wärme – über einen Wärmeübertrager an ein Heizsystem abgegeben. Wird der Verdichter der Wärmepumpe von einem Gasmotor (anstatt Elektromotor) angetrieben, kann zusätzlich die Wärme aus dem Kühlwasser sowie aus dem Abgas des Gasmotors in das Heizsystem eingekoppelt werden. Die Nutzung dieser „Motor-Abwärme" trägt wesentlich zur hohen Primärenergieausnutzung und damit zum geringen CO_2-Ausstoß bei.

Absorptionswärmepumpe

Die Absorptionswärmepumpe arbeitet nach ähnlichen Prinzipien wie eine Kompressionswärmepumpe, also mit Verdampfer (zur Aufnahme von Umweltwärme) und einem Verflüssiger oder Kondensator (zur Wärmeabgabe an das Heizsystem). Statt das Kältemittel zu komprimieren, wird beim Absorptionsprozess ein gasförmiges Kältemittel (z.B. Ammoniak) von einem Lösungsmittel (z.B. Wasser) durch einen mit Erdgas oder einer anderen Wärmequelle beheizten „thermischen Verdichter" in eine kältemittelreiche Lösung (NH_3-Dampf) und eine kältemittelarme Lösung (Wasser) getrennt. Das gasför-



Funktionsprinzip Gaskompressionswärmepumpe



Funktionsprinzip Gasabsorptionswärmepumpe

mige, unter Druck stehende NH_3-Kältemittel strömt dann in den Kondensator/Verflüssiger, gibt hier die Kondensationswärme an das Heizsystem ab und wird dadurch flüssig. Danach durchströmt das flüssige, unter hohem Druck stehende Kältemittel ein Reduzierventil. Durch diese Druckentspannung expandiert das Gas, kühlt sich dabei ab und ist so in der Lage, im nachfolgenden Verdampfer Wärme aus der Umwelt aufzunehmen. Ein wesentlicher Vorteil von Gasabsorptionswärmepumpen ist der Einsatz von Kältemitteln, die weder die Ozonschicht zerstören noch einen direkten Treibhauseffekt bewirken. Allerdings liegt die energetische Effizienz von Gasabsorptionswärmepumpen unter der von Gasmotorwärmepumpen (vgl S. 4).

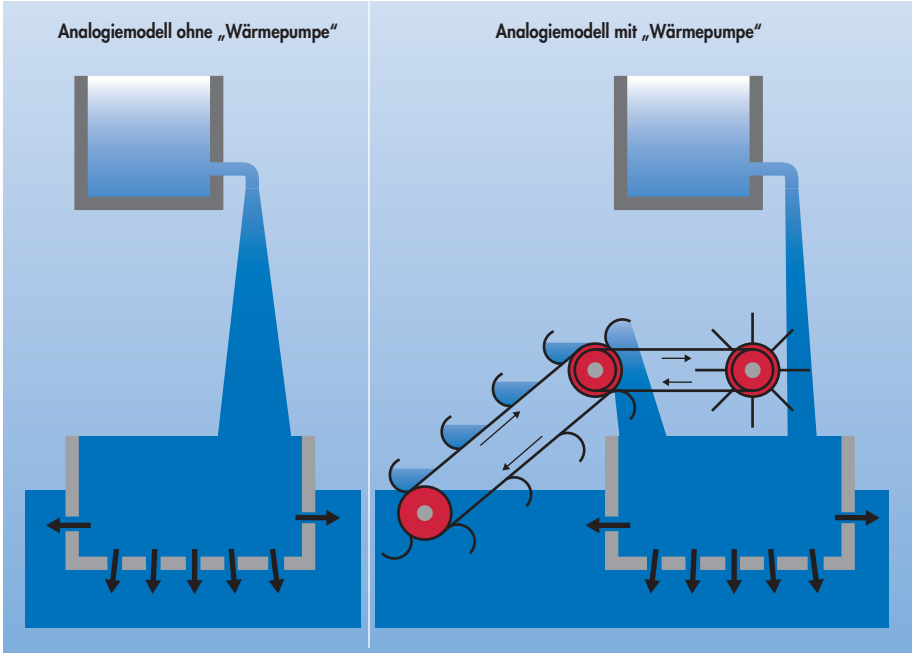
Analogiemodell der Wärmepumpe

Wie erklärt man einem Bauherrn oder einem Investor die Funktion der Wärmepumpe, ohne die Thermodynamik der Kreisprozesse bemühen zu müssen? Folgendes Analogiemodell verdeutlicht das Prinzip der Wärmepumpe auf einfache und verständliche Art:

Ein Behälter gibt ständig Wasser an seine Umgebung ab und muss deshalb aus einer höher gelegenen Quelle nachgefüllt werden. Sinngemäß entspricht diese Situation einem Haus, das Wärme an die Umgebung verliert und deshalb beheizt werden muss. Nutzt man die Höhendifferenz zwischen Quelle und Wasserbehälter zum Antrieb einer Pumpe oder eines Schöpfwerkes, so kann aus der unmittelbaren Umgebung des Behälters, beispielsweise aus einer Wanne oder einem nahegelegenen Brunnen, Wasser in den Behälter gepumpt werden. Zusätzlich steht das Antriebswasser für das Schöpfwerk zur Befüllung des Behälters zur Verfügung. Es ist also weniger Quellwasser zur Nachfüllung des Behälters notwendig.

Auch gilt: Je geringer die Förderhöhe zwischen dem umgebenden Wasser und dem Beckenrand, desto leistungsfähiger ist das Schöpfrad und desto weniger Quellwasser ist zur Aufrechterhaltung des Beckenniveaus erforderlich. Auf die Wärmepumpe übertragen heißt das: Je geringer der Temperaturhub zwischen der Wärmequelle und dem Heizsystem, desto größer ist die Leistungszahl der Wärmepumpe.

Aus diesem Analogiemodell lässt sich also ableiten: Mit Hilfe hochwertiger Energie, z. B. Erdgas, Strom oder Hochtemperaturabwärme, kann Umweltwärme auf ein Temperaturniveau angehoben (gepumpt) werden, das zur Beheizung eines Gebäudes oder zur Trinkwassererwärmung geeignet ist. Niedertemperatursysteme, wie die Fußbodenheizung in Wohnhäusern bzw. die Betonkerntemperierung oder Kühl-/Heizdecken in gewerblichen Gebäuden, sind dafür ganz besonders prädestiniert. Dies um so mehr, je geringer der Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Heizsystem bzw. „Kältequelle“ und Kühlsystem ist.



Analogiemodell ohne und mit Wärmepumpe

Wenn heute von einer Wärmepumpe gesprochen wird, meint man in der Regel eine Kompressionswärmepumpe mit Elektromotor als Antrieb, die Elektrowärmepumpe. In der Vergangenheit war es oft so, dass die Wärmepumpe auf dem Prüfstand die vom Hersteller angegebene Mindest-Arbeitszahl, also das Verhältnis von eingesetztem Strom zu gewonnener Wärme, zwar erreichte, dass aber durch ungünstige Systemauslegung hinsichtlich Heizmitteltemperaturen und Hydraulik dieser Wert in der Praxis nur in seltenen Fällen erzielt wurde. Die Zeitschrift ÖKO-Test hat Elektrowärmepumpen untersucht und stellte fest, dass die Jahresarbeitszahl vielfach niedriger nachgewiesen wurde, als vom Hersteller angegeben.
Die Zeitschrift ÖKOTEST (ÖKO-TEST Sonderheft Energie: „Warme Versprechungen", Nr. 32; Kostenfrei über ASUE, Tel. 06 31/3 60 90 70) kommt zu dem Ergebnis, dass die untersuchten Elektrowärmepumpen selbst unter günstigen Bedingungen mehr CO_2 erzeugen, als moderne Gas-Brennwertheizungen.

Kompressionswärmepumpe mit Gasmotor-Antrieb

Gasmotorisch angetriebene Kompressionswärmepumpen bieten primärenergetisch betrachtet gegenüber den Elektrowärmepumpen (Primärenergieeinsparung, CO_2-Minderung) ähnliche Vorteile wie die Kraft-Wärme-Koppelung bzw. ein Blockheizkraftwerk gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme: Sowohl die Motor- als auch die Abgas-Abwärme des Gasmotors stehen an Ort und Stelle zur Nacherwärmung des Heizmediums zur Verfügung. Was bei der Elektrowärmepumpe durch den Kraftwerkswirkungsgrad an Abwärme bzw. durch Verteilverluste verloren geht, kann bei der Gasmotorwärmepumpe fast vollständig genutzt werden.

Eine Besonderheit der Gasmotorwärmepumpe ist das Angebot von gleich vier unterschiedlichen Temperaturniveaus:

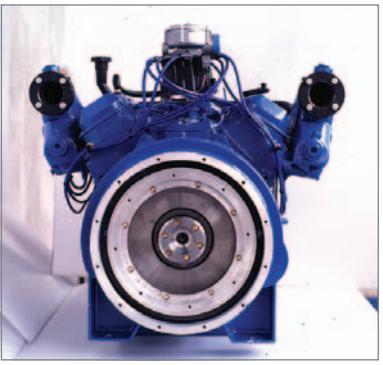
- Verdampferwärme 10 °C und tiefer, je nach Wärmequelle.
- Kondensatorwärme aus dem Wärmepumpenprozess, 40 bis 50 °C
- Kühlwasserabwärme des Gasmotors, ca. 90 °C
- Sensible Wärme aus dem Abgas des Gasmotors, ca. 600 bis 100 °C

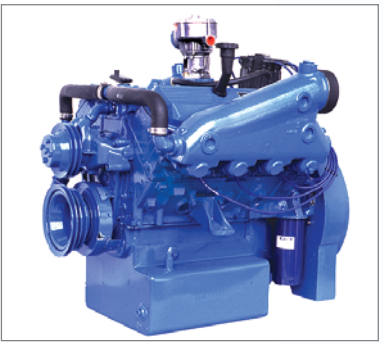
Bei Luft-Wasser-Gaswärmepumpen bietet sich an, das bereits abgekühlte Abgas zusätzlich über den Verdampfer zu leiten.

Zugute kommen den Gaswärmepumpen die enormen Fortschritte bei der Entwicklung von Gasmotoren aufgrund der Erfahrungen bei Blockheizkraftwerken. So konnte beispielsweise der Motorwirkungsgrad von Magermotoren um bis zu 15 Prozent angehoben werden. Gleichzeitig sind die Anschaffungskosten wegen des zunehmenden Wettbewerbs spürbar gefallen. Besonders bedeutsam ist die Kostendegression bei den Regel- und Vollwartungskosten. Innerhalb der letzten 15 Jahre haben sich diese um bis zu 50 Prozent reduziert.

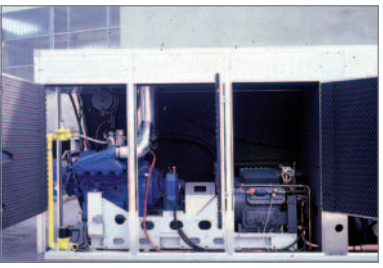
Die Gaswärmepumpe profitiert von den Erfahrungen bei den Blockheizkraftwerken (s. Bild). Die dort eingesetzten Gasmotoren eignen sich auch für Wärmepumpen

Direktbefeuerte Gasabsorptionswärmepumpe





Gasmotor (Bilder: Climaveneta)



Gaswärmepumpe (Bilder: Climaveneta)

Die Entwicklung von direktbefeuerten Absorptionskältemaschinen wurde in den letzten Jahren vor allem in Ländern mit schwacher Strominfrastruktur bzw. mit hohem sommerlichen Strombedarf vorangetrieben.

Maßgebliche Impulse kommen sowohl aus den USA und Japan. Auch Länder wie Korea, China und Indien haben mittlerweile eigene Produktionslinien für Absorptionskälteanlagen aufgebaut. Mit wenigen Modifikationen können diese Aggregate auch als Wärmepumpe eingesetzt werden.

Gegenüber gasmotorisch angetriebenen Wärmepumpen haben Absorber den Vorteil, dass sie kaum bewegliche Teile aufweisen und deshalb sehr leise arbeiten. Die Leistungsregelung erfolgt in der Regel über Gasbrenner, die zwischen 35 und 100 Prozent modulieren.

Eine Sonderstellung unter den Absorptionswärmepumpen nimmt die Wärmepumpe Loganova GWP von Buderus ein, deren Markteinführung erwartet wird. Das Wärmepumpen-Aggregat mit 3,6 kW Nennwärmeleistung und mit 11 bis 19 kW Brennwertkessel zur Abdeckung der Spitzenlast ist mit einem speziellen Sole-Luftkollektor als Wärmequelle ausgestattet.
(siehe auch Seite 19)

Loganova GWP von Buderus

Wärmequellen für Gaswärmepumpen

Das Temperaturniveau von Wärmequellen und deren ganzjährige Verfügbarkeit sind von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe. Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Heizsystem, desto größer ist die Effizienz einer Gaswärmepumpenanlage. Diese ist definiert mit der Leistungszahl ε, also dem Verhältnis von Wärmeerzeugung zu Energieeinsatz. Deshalb sollten sich Planer und Investor schon frühzeitig auf eine Wärmequelle festlegen. Durch Simulationsrechnungen lässt sich relativ exakt beurteilen, welche Wärmequelle für das jeweilige Projekt am geeignetsten ist. Folgende Wärmequellen bieten sich an:

Umweltwärmequellen
- Umgebungsluft
- Diffuse und direkte Strahlung (Solarabsorber)
- oberflächennahes Erdreich
- Grundwasser und Uferfiltrat

geothermische Wärmequellen
- Thermalquellen
- thermale Schichtenwässer aus dem Erdmittelalter
- Thermalwässer aus vulkanischen Gesteinen

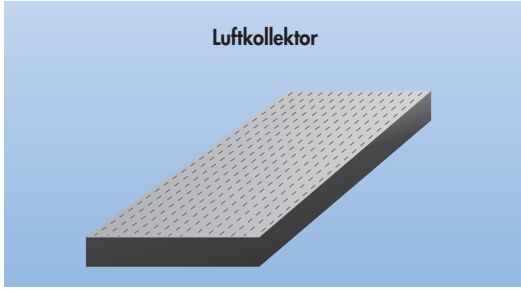
Abwärmequellen
- Abwärme aus industriellen Prozessen
- Abwärme aus Kühlkreisläufen
- Abwärme aus Abwasser und Abluft

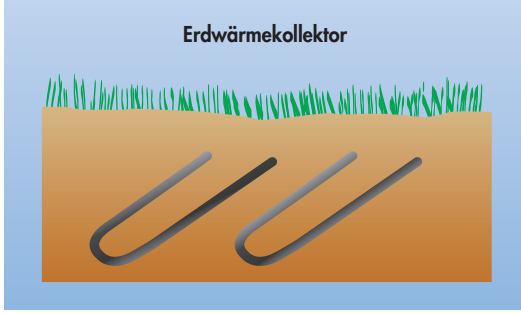
Die Außenluft galt bislang wegen ihrer fast unbegrenzten zeitlichen und örtlichen Verfügbarkeit als ideale Wärmequelle. Die saisonalen Temperaturschwankungen wirken sich jedoch nachteilig auf die Jahresheizzahl aus. Die Nutzung oberflächennaher Erdreichwärme erfordert weitläufige Flächen rund um das Gebäude. Der Wärmeentzug aus dem Erdreich liegt bei 20 bis 30 W/m^2 aktivierter Fläche. Diese Wärmequelle ist daher in starkem Maße von der nutzbaren Umgebungsfläche eines Gebäudes abhängig. In der Regel wird das Erdreich bis zu einer Tiefe von 2 m abgetragen, der Erdwärmeübertrager in Form von Rohren, Rohrregistern oder Rohrmatten eingelegt und anschließend wieder verfüllt.

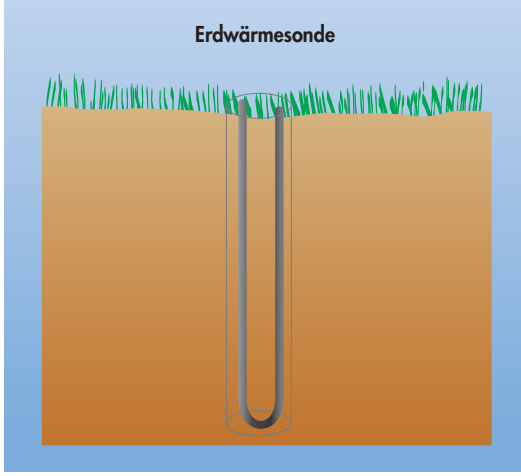
Bei der Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser sind wasserwirtschaftliche und ökologische Belange zu beachten. Bei Nutzung von Flüssen, Seen und Bächen als Wärmequelle sollten Messdaten über den Jahrestemperaturgang in die Entscheidung mit einbezogen werden.

Für den Einsatz von Erdwärmesonden werden Bohrungen bis zu 100 m Tiefe mit einem Durchmesser von etwa 15 bis 20 cm durchgeführt. Die Leistung einer Erdsonde ist abhängig von der Beschaffenheit des Erdreichs und vom Grundwasserfluss.

Bei Großprojekten werden zunehmend Gründungspfähle, Fundamentplatten, Schlitzwände oder Pfahlwände zur Baugrubenabsicherung als Energiesammler genutzt. Für Bürotürme in







Gründungspfahl als Erdwärmesonde
Bild: nägelebau

Frankfurt wurden z.B. Großbohrpfähle von 1,5 m Durchmesser in bis zu 50 m Tiefe eingebracht.

Meist bestimmen statische oder bautechnische Vorgaben deren Größe. Da diese Bauteile ohnehin benötigt werden, liegt der Aufwand für die zusätzliche Nutzung als Wärmequelle nur im Rohrsystem. Solche Energiefundamente eignen sich besonders für Gebäude, die sowohl beheizt als auch gekühlt werden müssen. Durch die saisonale Be- und Entladung des Erdreichs mit Wärme kann der Untergrund besser regenerieren. Je nach Zusammensetzung wirkt das Erdreich wie ein Langzeitspeicher, d.h. die Abwärme aus dem sommerlichen Kühlprozess steht im Winter als Wärmequelle für die Gebäudeheizung zur Verfügung. Bei günstigen geologischen Gegebenheiten lässt sich ein geothermischer Speicher auch direkt zur Kühlung nutzen.

Ausgangspunkt für die Auslegung von Wärmepumpen sind folgende Wärmequellentemperaturen:

Wärmequelle	Temperaturniveau
Externe Wärmequellen	
Außenluft	-18 bis +25 °C
Erdreich	-5 bis +10 °C
Grundwasser	8 bis 12 °C
Oberflächenwasser	2 bis 15 °C
Erdsonden	7 bis 12 °C
Solarabsorber	>20 °C
Interne Wärmequellen	
Fortluft	20 bis 30 °C
Abwasser	25 bis 35 °C
Kühlwasser aus technischen Prozessen	20 bis 50 °C

Kältemittel und Stoffpaare für Gaswärmepumpen

Gasmotorwärmepumpen und Absorptionswärmepumpen arbeiten mit Kältemitteln bzw. Stoffpaaren, die weitgehend verlustfrei im Kreislauf geführt werden. Im Regelfall sind die Kreisläufe hermetisch geschlossen, d.h. Kältemittelemissionen treten eher selten auf.

Die früher üblichen Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sind in Neuanlagen mittlerweile vollständig durch umweltschonendere Substanzen ersetzt worden. Allerdings tragen die meisten FCKW-Ersatzstoffe zum Treibhauseffekt bei, aber nur dann, wenn das Kältemittel z.B. bei Wartungsarbeiten unbeabsichtigt freigesetzt wird und in die Atmosphäre gelangt.

Zur Einschränkung dieses Risikos fordert der Gesetzgeber jetzt eine weitere Reduzierung der Kältemittelfüllmengen und Leckraten in Kälte- und Wärmepumpenanlagen. Auch werden derzeit auf breiter Basis alternative Kältemittel erprobt, die praktisch kein direktes Treibhauspotenzial mehr aufweisen. Zusammen mit anderen mitteleuropäischen und skandinavischen Ländern ist Deutschland momentan führend beim Umstieg auf umweltschonende Kältemittel.

Wer in der Kältemittelfrage keine Kompromisse eingehen will, sollte sich für gasbefeuerte Absorptionswärmepumpen entscheiden. Die dort verwendeten Stoffpaare Wasser (Kältemittel) und Lithiumbromid (Lösungsmittel) bzw. Ammoniak (Kältemittel) und Wasser (Lösungsmittel) gelten als umweltneutral. Allerdings ist das Angebot an standardisierten Absorptionswärmepumpen noch relativ gering. Fast alle Hersteller von Absorptionsflüssigkeitskühlsätzen bieten ihre Aggregate auf Anfrage aber auch in Wärmepumpenausführung an.

Heizen – Kühlen – Entfeuchten: Einsatzbereiche von Gaswärmepumpen

Gaswärmepumpen,
die richtige Lösung für:

- Gebäudebeheizung
- Warmwasserbereitung
- Klimatisierung
- Kühlung von Kühlräumen
- Entfeuchtung

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 und kühlt sie dadurch ab. Jede Wärmepumpe ist somit in der Lage, gleichzeitig zu heizen und zu kühlen. Dies gilt sowohl für Wärmepumpen, die nach dem Absorptionsprinzip 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 Wärmepumpe eröffnet interessante Einsatzgebiete überall dort, wo gleichzeitig sowohl Wärme als auch Kälte gebraucht wird, beispielsweise in der Lebensmittelverarbeitung oder in Hotels, Restaurants und Krankenhäusern.

Gaswärmepumpen,
die richtige Lösung für:

- Wohngebäude
- Industrie
- Hotels, Restaurants
- Schwimmbäder
- Krankenhäuser
- Fleischereien
- u.s.w.

Geradezu prädestiniert ist die Wärmepumpe – und hier insbesondere die Gasmotorwärmepumpe – für den Einsatz in Hallenschwimmbädern mit folgenden typischen Rahmenbedingungen:

Es gibt kaum eine geeignetere Anwendung für Gasmotorwärmepumpen als ein Schwimmbad. Die ansonsten relativ teure Entfeuchtung der Hallenluft wird von einer Wärmepumpe quasi umsonst mitgeliefert.

Wärmequelle

- stetiger Bedarf an Kaltwasser zur Entfeuchtung der Raumluft
- hohes Temperatur- und Feuchtigkeitsniveau der Wärmequelle Umluft/Abluft

Wärmesenke

- vergleichsweise niedrige Beheizungstemperaturen für das Medium Raumluft und Badewasser
- höhere Temperaturen für die Brauchwarmwassererwärmung

Der besondere Vorzug der Gasmotorwärmepumpe gegenüber einer Elektrowärmepumpe liegt darin, dass die Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus zur Verfügung steht. So kann beispielsweise die Erwärmung von Brauchwarmwasser durch die Motorabwärme erfolgen, während das Badewasser über den Wärmepumpenprozess beheizt wird. Da in einem Schwimmbad ständig auch entfeuchtet werden muss, bietet sich die Nutzung der „kalten Seite" der Wärmepumpe geradezu an. (Siehe Beispiel „Panoramabad" Freudenstadt/Schwarzwald, Seite 22)

Durch ein geschicktes Energiemanagement mit Hilfe eines Pendelspeichers lässt sich ein Großteil des Heiz- und Kühlbedarfs eines Schwimmbades mittels Gasmotorwärmepumpe bereitstellen. Die Restwärme für Lastspitzen kann durch einen ausreichend dimensionierten Heizkessel abgedeckt werden.

Betriebsarten von Gaswärmepumpen

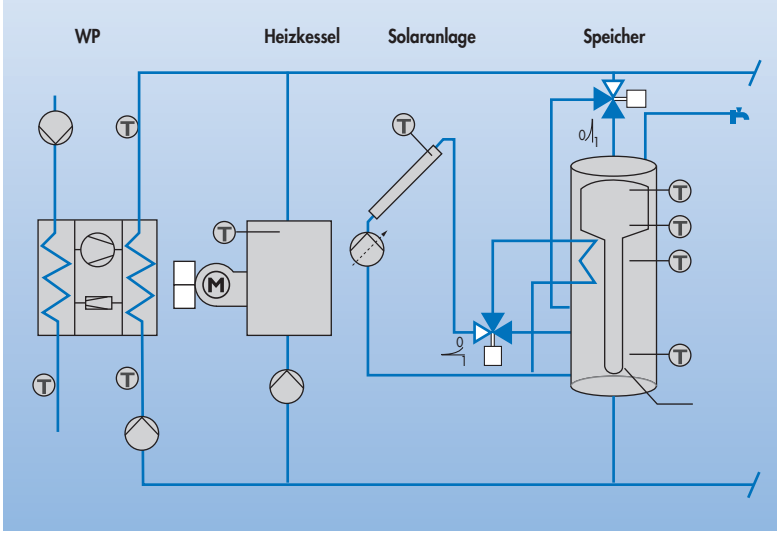
Je nach Temperaturniveau der Wärmequelle, dem Wirtschaftlichkeitsanspruch des Bauherrn und dem bauartspezifischen Regelverhalten der Gaswärmepumpe ist es sinnvoll, den Wärmebedarf eines Gebäudes zwischen einer Wärmepumpe und einem anderen Wärmeerzeuger aufzuteilen. Grundsätzlich unterscheidet man bei Wärmepumpen folgende Betriebsarten:

- monovalent
- bivalent
- multivalent

Ein monovalenter Betrieb liegt vor, wenn der gesamte Heizwärmebedarf ausschließlich von der Gaswärmepumpe abgedeckt wird. Diese Betriebsart macht allerdings nur Sinn, wenn Wärmequellentemperatur und Gebäudewärmebedarf relativ konstant sind.

In der Regel wird dem bivalenten Betrieb der Vorzug gegeben, d.h. die Gaswärmepumpe deckt die Grundlast ab und ein separater Gasheizkessel (Spitzenlastkessel) die Restwärme im Parallelbetrieb. Es gibt allerdings auch Situationen, bei denen konventionelle Gasheizkessel wirtschaftlicher arbeiten als die Gaswärmepumpe, beispielsweise bei sehr tiefen Außentemperaturen und bei Nutzung der Außenluft als Wärmequelle. Hier bietet sich der bivalent-alternative Betrieb an, d.h. es ist jeweils nur der wirtschaftlichere Wärmeerzeuger in Betrieb.

Im Hinblick auf die Nutzung regenerativer Energien, wie Solarwärme oder die direkte Nutzung von Abwärme, kann die multivalente Betriebsart von Vorteil sein. Wegen der komplexen Regelstrategie multivalenter Heizsysteme war diese Art der Wärmebereitstellung bislang nur für Großanlagen geeignet. Mittlerweile hat die MSR-Industrie auf die erhöhte Nachfrage nach multivalenten Heizsystemen reagiert und bietet Automatisierungsgeräte in Form von „Energiemanagern" (s.u.) an, bei denen wirtschaftlich orientierte Regelstrategien bereits im Gerät hinterlegt sind. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten für Gaswärmepumpen in Verbindung mit der Nutzung erneuerbarer Energien.



Kombinationsmöglichkeiten von Gaswärmepumpen mit anderen Energieträgern bzw. Wärmeerzeugern (nur Heizbetrieb)

Eine neue Art von „Energiemanager" verknüpft Wärmepumpen mit anderen Wärmeerzeugern. Rund 500 Grundschemata mit 2.500 Anlagenkombinationen (nur Heizbetrieb) sind bei diesem Gerät bereits hinterlegt
Bilder: Siemens Building Technologies

Dimensionierung der Gaswärmepumpe im bivalenten Betrieb

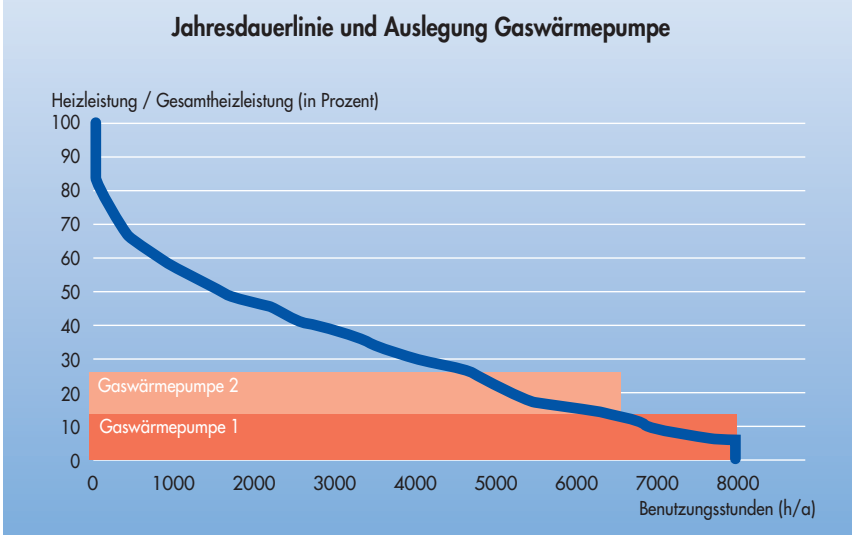
Für die Dimensionierung von Gaswärmepumpen sind objektbezogene Jahresganglinien, z.B. für Raumwärme oder Prozesswärme, hilfreich. Dabei sollten die Jahresganglinien möglichst auf der Basis von Stundenverbrauchswerten ermittelt werden. Liegen keine genaueren Daten vor, so können auch die geordneten Jahresdauerlinien des Wärmebedarfs von vergleichbaren Objekten herangezogen werden.

Wirtschaftliche Gründe sprechen dafür, eine Gaswärmepumpe im bivalenten Betrieb so auszulegen, dass eine möglichst hohe Auslastung erreicht wird, da diese spezifisch teurer als ein Heizkessel ist. Im Idealfall deckt ein für die Raumheizung eingesetztes Gaswärmepumpenaggregat ausschließlich den Grundlastwärmebedarf, die Spitzenlast dagegen ein Heizkessel ab. Je nach Objektgröße und Jahresdauerlinie können auch mehrere Gaswärmepumpenaggregate eingesetzt werden.

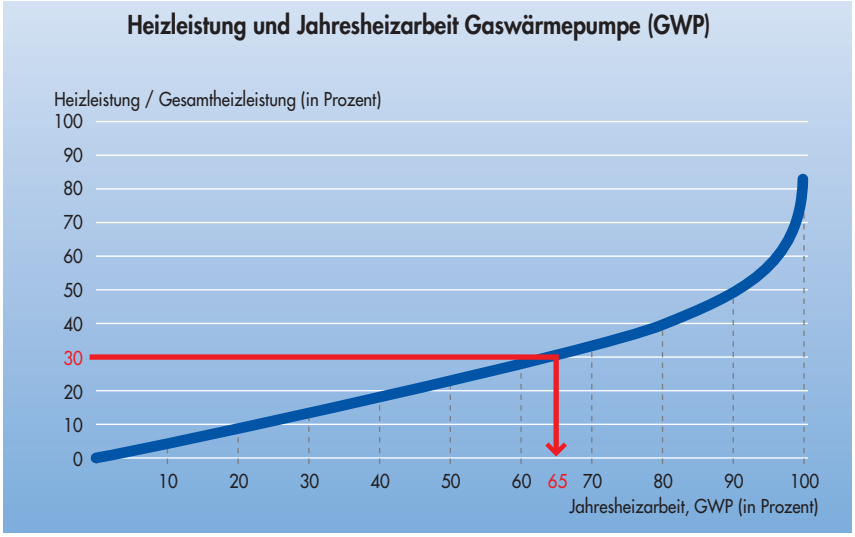
Eine zu klein dimensionierte Gaswärmepumpe führt aufgrund der vergleichsweise geringeren Energieeinsparung zu keinem wirtschaftlichen Optimum. Eine zu groß bemessene Gaswärmepumpe neigt dagegen zum „Takten“, das sich negativ auf die Standzeit, Energieeffizienz und den Komfort auswirkt. Außerdem verlängert sich durch die höheren Anschaffungskosten und die geringere Auslastung die Amortisationszeit.

Das Beispiel (Bild links unten) einer Jahresdauerlinie zeigt, dass der optimale Heizleistungsanteil der Gaswärmepumpe zwischen 20 und 35 % liegt, d.h. die Gaswärmepumpe erbringt eine Jahresheizarbeit von knapp 65 %. Der Heizkessel liefert 70 % der Heizleistung und damit ca. 35 % der Jahresheizarbeit.

Bei Industrieanwendungen kann die Wärmepumpengröße – je nach Wärmeanforderung – auf einen höheren Leistungsanteil ausgelegt werden, ggf. sogar bis zu 100 Prozent. Auch bei Hallenschwimmbädern ist es manchmal wirtschaftlicher, die gesamte Heizleistung über die Wärmepumpe abzudecken. Hier ist die Hauptaufgabe der Gaswärmepumpe, die Schwimmbad-Hallenluft ganzjährig zu entfeuchten und mit der zurückgewonnenen Wärme das Bad zu beheizen.



Gaswärmepumpe: Einzellaufzeiten bei Aufteilung auf zwei Aggregate (Beispiel; Bild oben)



Die Leistung einer Gaswärmepumpe (Beispiel oben) sollte zwischen 20 und 35 % der Heizleistung des zu versorgenden Objektes betragen. (Bild unten)

Einbindung der Gasmotorwärmepumpe in ein Heizsystem

Zur Erzielung einer hohen Leistungszahl sollten im Kondensator der Wärmepumpe möglichst niedrige Temperaturen erreicht werden. In jedem Fall wird ein Niedertemperatur-Heizsystem empfohlen, zumal die Temperaturobergrenze für den Wärmepumpenkreislauf bei den heute eingesetzten Kältemitteln bei maximal 70 °C liegt. Ausnahmen gibt es bei industriellen Wärmepumpenanwendungen.

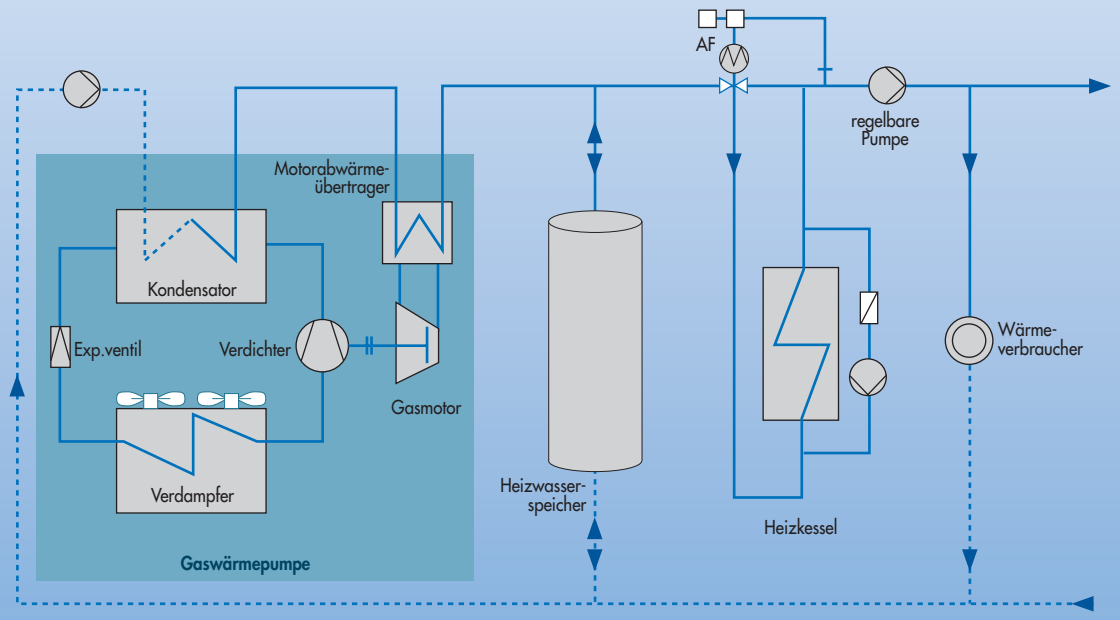
Die Temperaturspreizung des Wärmeversorgungsnetzes ist so auszulegen, dass auch bei höchster Vorlauftemperatur und/oder höchstem Wärmebedarf (z. B. bei der Raumheizung im Winter) die Rücklauftemperatur so niedrig anliegt, dass die gesamte anfallende Kondensationswärme abgeführt werden kann.

Im Kondensator wird der Rücklauf des Heizwassers aufgewärmt und dann nacheinander durch den Motorkühlwasser- und Abgaswärmeübertrager der Gaswärmepumpe geführt. Durch diese Serienschaltung lässt sich eine höchstmögliche Vorlauftemperatur erreichen. Ein zur Gaswärmepumpe parallel geschalteter Heizwasserspeicher im Heizkreislauf ermöglicht eine energetische und betriebliche Optimierung der Gasmotorwärmepumpe in Zeiten mit geringer Wärmeabnahme durch die Verbraucher.

Zur Vermeidung eines unwirtschaftlichen Taktbetriebes (kurzes Ein- und Ausschalten) ist der Heizwasserspeicher so zu dimensionieren, dass die Gaswärmepumpe eine Laufzeit von jeweils mindestens einer Stunde erreicht. Im umgekehrten Fall, also bei hoher Wärmeabnahme, sollte der Spitzenlastkessel erst dann in Betrieb gehen, wenn das Wärmeangebot der Gaswärmepumpe und des Heizwasserspeichers über einen definierten Zeitraum nicht mehr ausreicht.

Entscheidend für eine hohe Wirtschaftlichkeit der Gaswärmepumpe ist sowohl das Temperaturniveau der Wärmequelle als auch die Systemtemperatur der Heizungsanlage. Je geringer der Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Heizsystem um so wirtschaftlicher arbeitet die Gaswärmepumpe. Ideal ist die Kombination aus Erdwärmesonden bzw. Erdkollektoren mit Fußbodenheizungen. Soll mit der Wärmepumpe auch gekühlt werden, so bieten sich für gewerbliche Gebäude Heiz-/Kühldecken bzw. Betonkerntemperierung an.

Einbindung Gaswärmepumpe und Heizkessel



Die Einbindung eines Heizwasserspeichers (Pendelspeicher) verhindert das Takten der Wärmepumpe bei geringer Wärmeabnahme

Beurteilung der Effizienz von Wärmepumpen

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe werden Kenngrößen ermittelt. Hierbei wird insbesondere das Verhältnis der Nutzenergie zur eingesetzten Energie bestimmt. Im Gegensatz zu einer Maschine oder einem Verbrennungsmotor, bei denen der Wirkungsgrad immer kleiner als 1 ist, liegt er bei der Wärmepumpe aufgrund der aus der Umwelt aufgenommenen Wärme über 1.

Zur qualitativen Beurteilung von Wärmepumpen sind heute folgende Kennwerte üblich:

Das Wärmeverhältnis ζ

Da bei Absorptionswärmepumpen die Antriebsleistung in der Wärmebereitstellung zur Austreiberbeheizung besteht, wird die energetische Effizienz durch das Wärmeverhältnis ζ beschrieben.

$$\text{Wärmeverhältnis } \zeta = \frac{\dot{Q}_H + \dot{Q}_{Absorber}}{\dot{Q}_{Austreiber}}$$

$\dot{Q}_H$	Heizwärmeleistung in kW vom Kondensator abgegeben
$\dot{Q}_{Absorber}$	Leistung in kW vom Absorber abgegeben
$\dot{Q}_{Austreiber}$	Wärmeleistung in kW zur Austreiberbeheizung

Die Leistungszahl ε

Die Leistungszahl ε gibt das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zu aufgenommener (elektrischer) Antriebsleistung (inklusive der Hilfsantriebe) unter Prüfbedingungen (bestimmte Temperaturverhältnisse, festgelegte Zeitpunkte) an. ε wird meist in Verbindung mit Elektrowärmepumpen genannt.

Beispiel

Eine Leistungszahl von ε = 3 bedeutet, dass das Dreifache der eingesetzten elektrischen Antriebsleistung in nutzbare Wärmeleistung umgesetzt wird. Parallel zur Leistungszahl ε wird auch die aus dem anglo-amerikanischen Maßsystem kommende Bezeichnung COP (Coefficient of Performance) verwendet. Sie ist identisch mit der Leistungszahl ε.

$$\text{Leistungszahl } \varepsilon = \frac{\dot{Q}_H}{P + P_H}$$

$\dot{Q}_H$	Heizwärmeleistung in kW vom Kondensator abgegeben
P	Antriebsleistung in kW
P_H	Hilfsenergie in kW

Eine gute Vergleichsbasis über die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpenanlage liefert der Carnotprozess. Hier ist die äußere Carnot-Leistungszahl ε_C der Wärmepumpenanlage folgendermaßen definiert:

$$\text{Leistungszahl } \varepsilon_C = \frac{T_{max}}{T_{max} - T_{min}}$$

T_{max}	Heizwasser-Vorlauftemperatur in Kelvin
T_{min}	Wärmequellentemperatur in Kelvin

Daraus folgt: Die Leistungszahl ε_C einer Wärmepumpe ist um so besser, je kleiner der Temperaturhub zwischen der Heizwassertemperatur und der Wärmequellentemperatur ist.

Die Arbeitszahl bzw. die Jahresarbeitszahl β

Da die Leistungszahl nur eine Momentaufnahme eines bestimmten Wärmepumpentyps bei günstigen Betriebsbedingungen wiederspiegelt, ist es aussagefähiger, die Arbeitszahl bzw. Jahresarbeitszahl β zur quantitativen Beurteilung einer Wärmepumpenanlage heranzuziehen. Sie gibt, ebenso wie die Leistungszahl ε, das Verhältnis von abgegebener Heizwärme zu aufgenommener Antriebsenergie wieder, allerdings über einen längeren Zeitraum. Legt man der Arbeitszahl den Jahresertrag an Heizenergie im Verhältnis zur aufgewendeten Nutzenergie zugrunde, so erhält man die Jahresarbeitszahl. Durch das Einbeziehen der Energie für die Nebenantriebe, beispielsweise von Pumpen und Ventilatoren, kommt man zu objektiveren Vergleichskriterien, auch im Hinblick auf die unterschiedlichen Wärmequellen. Beispielsweise liegt die Jahresarbeitszahl einer Luft-Wasser-Wärmepumpe bei ca. 3,0 (bezogen auf Primärenergie 1,08). Wird die gleiche Wärmepumpe mit einer Erdwärmesonde oder mit Grundwasser gekoppelt, könnte die Jahresarbeitszahl bei bis zu ca. 4,0 (bezogen auf Primärenergie 1,44) liegen. Entscheidet sich der Bauherr für ein Heiz-/Kühlsystem mit sehr geringen Temperaturdifferenzen zwischen Heizen und Kühlen (Kühl-/Heizdecken, Betonkerntemperierung) können noch bessere Jahresarbeitszahlen erreicht werden.

Auch mit Gaswärmepumpen, die Abwärme als Wärmequelle nutzen, lassen sich überdurchschnittlich hohe Jahresarbeitszahlen bis zu 1,9 (bezogen auf Primärenergie) erzielen.

$$\text{Jahresarbeitszahl } \beta = \frac{Q_H}{W + W_H}$$

Q_H	Wärmemenge in kWh, vom Kondensator innerhalb eines Jahres abgegeben
W	Antriebsenergie in kWh pro Jahr
W_H	Hilfsenergie in kWh pro Jahr

Die Heizzahl bzw. Jahresheizzahl φ

Will man die energetische Effizienz konventioneller Heizkessel mit der von Gaswärmepumpen vergleichen, so setzt man die eingespeiste Nutzwärme zur aufgewendeten Brennstoffmenge inklusive der elektrischen Energie (auf Primärenergiebasis) für die Hilfsaggregate ins Verhältnis. Üblich ist die Beurteilung bei typischen Betriebsbedingungen oder – objektiver betrachtet – über die gesamte Heizperiode (Jahresheizzahl). Die Jahresheizzahl ist damit eine wichtige Kennzahl zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Gaswärmepumpen gegenüber konventionellen Wärmeerzeugern.

$$\text{Jahresheizzahl } \varphi = \frac{Q_H + Q_{Ab}}{H_i \cdot V_B + W_H}$$

$Q_H + Q_{Ab}$	Wärmemenge in kWh, vom Kondensator, Motor und Abgas innerhalb eines Jahres als Nutzwärme abgegeben
H_i	Heizwert des Erdgases in kWh/m³
V_B	Brennstoffmenge in m³ pro Jahr
W_H	Hilfsenergie in kWh pro Jahr (in Primärenergie umzurechnen/einzubringen)

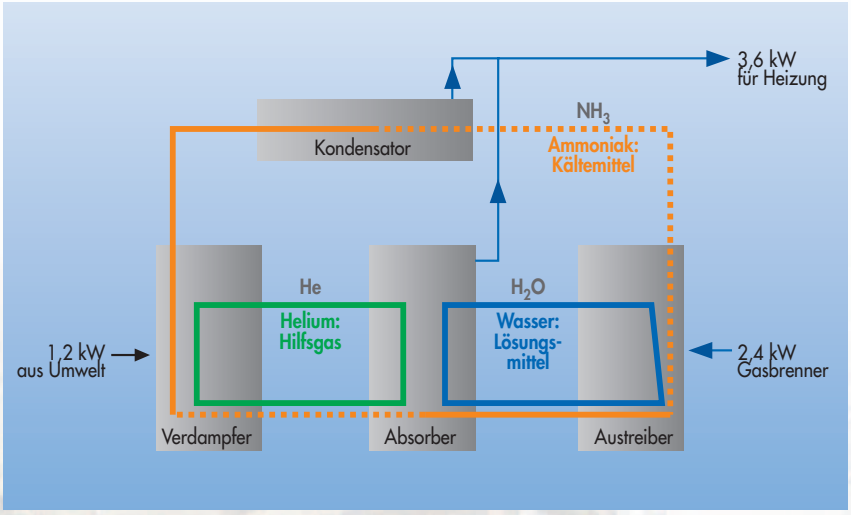
Gasbetriebene Wärmepumpen für das Ein- und Zweifamilienhaus

Niedertemperatur- und Brennwertheizgeräte sind in Deutschland mittlerweile Stand der Technik. Vielfach ist das Brennwertheizgerät bereits die Standardlösung für das Ein- und Mehrfamilienhaus. Mit Normnutzungsgraden von bis zu 109 Prozent bei Gas-Brennwertkesseln ist das technische Entwicklungspotenzial dieser Wärmeerzeuger mit der heutigen Gerätegeneration weitgehend ausgeschöpft.

Schon seit einiger Zeit arbeiten deshalb die führenden Heizkesselhersteller an innovativen Wärmepumpen kleiner Leistung mit Erdgas als Antriebsenergie. Dazu zählen auch solche mit regenerativen Gas-Heizprozessen, bei denen ein Gas periodisch (diskontinuierlich) über Regeneratoren hin- und herströmt und dabei Wärme aus der Umgebung bzw. von einem Gasbrenner aufnimmt. Bekannt sind Prototypen mit Stirling-Motor-Antrieb bzw. die Vuilleumier-Wärmepumpe. Letztere ist ein Gemeinschaftsprojekt von Viessmann und Bosch Junkers. Vaillant entwickelt eine Adsorptionswärmepumpe, die ebenfalls diskontinuierlich arbeitet. Von keiner dieser meist auf eine Heizleistung von 20 kW ausgelegten Wärmepumpen ist bisher ein Seriengerät verfügbar.

DAWP-Gerät

Dagegen wird die Markteinführung der Diffusions-Absorptionswärmepumpe (DAWP) „Loganova GWP" von Buderus erwartet. Mit einer Nennwärmeleistung von 3,6 kW, bezogen auf 0 °C Sole- und 40 °C Heizwassertemperatur, deckt das gasbetriebene Wärmepumpenaggregat rund 80 Prozent des Gebäudewärmebedarfs eines Einfamilienhauses heutiger Bauart ab; bei einem Gebäude mit 15 kW Gesamtwärmebedarf werden bis zu 60 Prozent erreicht. Bei Spitzenlast und zur Trinkwassererwärmung setzt sich automatisch das integrierte Brennwertgerät (11 oder 19 kW) in Betrieb.



Schema der Diffusions-Absorptionswärmepumpe
Quelle: Buderus

Loganova GWP von Buderus

Standard-Wärmequelle der DAWP ist ein soledurchflossener Luftkollektor mit 2 m² Fläche, jedoch kann die Gaswärmepumpe auch mit einem Erdreichkollektor bzw. mit Erdwärmesonden kombiniert werden. Nach den ersten Erfahrungen liegt die Energieeinsparung der Loganova GWP gegenüber einem reinen Brennwertgerät in einem Haus nach EnEV-Standard bei bis zu 25 Prozent, bei Einbau in einem Haus mit einem Wärmebedarf von 15 kW bei etwa zehn Prozent. Wird ein bestehender konventioneller Heizkessel durch eine Loganova Gaswärmepumpe ersetzt und steht ein Niedertemperatur-Heizsystem zur Verfügung, kann die Brennstoffeinsparung bis zu 40 Prozent betragen.

Gasmotorisch angetriebene Klimageräte aus Japan

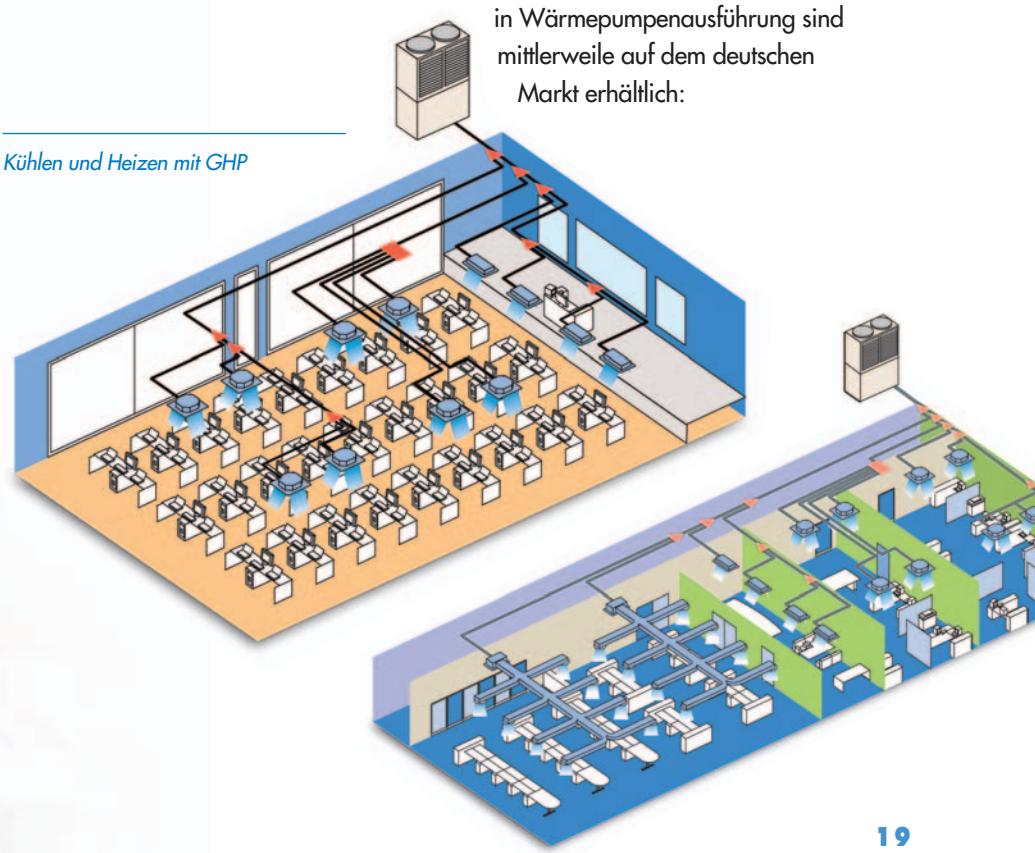
Beobachter der Gascooling-Szene wundern sich schon seit einiger Zeit über die hohen Stückzahlen an so genannten „Gas Driven Heat Pumps" (GHP) in den Statistiken der japanischen Heizungs-, Klima- und Lüftungsindustrie. Nach Veröffentlichungen des Branchenblattes JARN sind in Japan bereits über 400.000 solcher GHP installiert.

Hinter der Bezeichnung GHP verbergen sich allerdings keine Wärmepumpengeräte nach mitteleuropäischem Verständnis, sondern Klimageräte, die nach dem Prinzip des Variable Refrigerant Volume Systems (VRV) arbeiten. Es handelt sich also um kältemittelführende Heizungs- und Klimageräte mit Direktexpansion in den Innengeräten. Statt den Kältemittelverdichter klassisch mit einem Elektromotor anzutreiben, wird bei der GHP ein modifizierter PKW-Motor als Antrieb eingesetzt. Begünstigt wird diese Entwicklung durch die hohen Stromkosten bzw. hohen Leistungspreise in Japan sowie ein vergleichsweise anfälliges Stromnetz.

Auch China will auf seine Unterversorgung mit Strom künftig durch einen verstärkten Einsatz gasmotorisch angetriebener Wärmepumpen bzw. Kälteaggregate reagieren. Haier, einer der maßgeblichen Hersteller von Klimageräten in China, will Gaswärmepumpen nun auch am europäischen und US-amerikanischen Markt anbieten. Marktexperten gehen von einem Anfangsbedarf von rund 100.000 Geräten pro Jahr in den USA und Europa aus.

Folgende Gasmotor-Klimageräte in Wärmepumpenausführung sind mittlerweile auf dem deutschen Markt erhältlich:

Kühlen und Heizen mit GHP



VRV-Multisplitsystem mit Gasmotorwärmepumpe
Bild: MHI

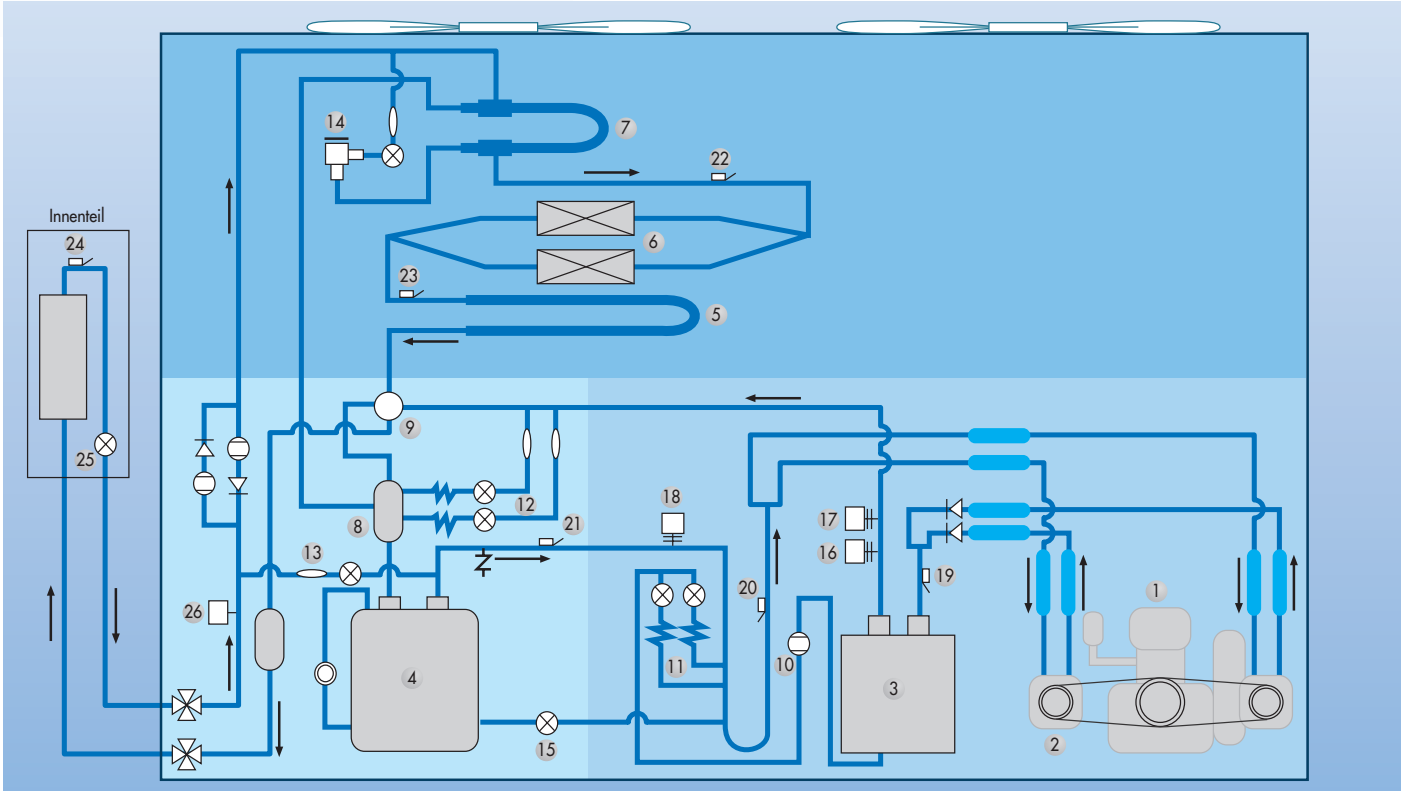
VRV-Multisplitsystem von Mitsubishi Heavy Industries (MHI), Vertrieb durch Stulz GmbH, Klimatechnik, Hamburg

Nennkühlleistungen 45 kW/56 kW
Nennheizleistungen 53 kW/67 kW

Die Mitsubishi-Gaswärmepumpe ist kompatibel zum KX-Innengeräteprogramm des elektromotorisch angetriebenen VRV-Systems.

Gaswärmepumpe von Aisin, eine Tochtergesellschaft des Autobauers Toyota. Sie ist in den Kühl-/Heizleistungen 14/18, 28/33,5 und 56/67 kW erhältlich. Das Gasmotor-Kälteverdichtermodul lässt sich sowohl mit VRV-Innengeräten koppeln (direktexpandierendes System) oder über ein Hydronik-Modul auch an Fan-Coils oder andere wassergeführte Heiz-/Kühlsysteme anschließen. Geplant ist außerdem, das GHP-Modul zur Kälteversorgung von Kühlmöbeln (Normal- und Tiefkühlbereich) einzusetzen.

Die Aisin-GHP wird in Europa exklusiv von Tecnocasa S.R.L., Loreto (AN), Italien, vertrieben. Deutsche Vertriebspartner sind die Firmen Berndt, Gelsdorf, und Panitz, Lieskau/Halle.



1 Antriebsmotor
2 Verdichter
3 Ölabscheider
4 Sammler
5 Doppelrohr-Wärmeübertrager
6 Außenwärmeübertrager
7 Hochleistungs-Wärmeübertrager
8 Filter
9 4-Wege Umschaltventil
10 Filter-Trockner
11 Öl-Bypass
13 Flüssig Einspritzung
14 Hochleistungs-Kühlventil
15 Flüssigkeit Rückschlagventil
16 Hochdruckschalter
17 Hochdrucksensor
18 Niederdrucksensor
19 Heißgas Temperatur-Sensor
20 Saugleistung Temperaturfühler
21 Sammlerausgang Temperaturfühler
22 Außenwärmeübertrager Flüssigkeittemperaturfühler
23 Außenwärmeübertrager Gastemperaturfühler
24 Innenwärmeübertrager Fühler
25 Inneneinheit elektronisches Expansions-Ventil
26 Berstschraube

 Fließbild der Aisin Gasmotorwärmepumpe im Heizmodus

Beispiel: Nahwärme-Ost, Göppingen

Aus Abfall wird Nahwärme

Seit 1983 wird im Heizwerk Nahwärme - Ost von den Stadtwerken Göppingen und der Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG (EVF) eine Gaswärmepumpenanlage betrieben. Sie erzeugt – salopp formuliert – aus Abfall Rohstoff. Dazu wird das etwa 30 Grad Celsius warme Kühlturmwasser aus der Produktion der Deutschen Gelatinefabrik Stoess (DGF) genutzt. An sehr kalten Tagen wird mit einem Erdgaskessel zugeheizt. Neben einer Schule mit Schwimmbad werden auch ein Verwaltungsgebäude mit Lagerräumen der EVF, der benachbarte Bauhof der Stadt Göppingen sowie eine Anzahl Mehrfamilienhäuser mit Wärme versorgt. Nach 18 Betriebsjahren wurde im Sommer 2001 die Motor- und Verdichtereinheit komplett ausgetauscht. Die übrigen Komponenten wie Kälteanlage, Rohrleitungen etc. werden unverändert weitergenutzt.

Erfahrungen

Die neue Gaswärmepumpe ist nun ein Jahr in Betrieb und hat ca. 5.000 Stunden absolviert. Unterschiede zwischen Wärmeerzeugung und Wärmenachfrage werden über einen 20 m³ großen Heizwasserspeicher ausgeglichen. Mit einer stetigen motorschonenden Fahrweise im Bestpunkt werden die Wartungskosten minimiert.
Die Wärmepumpe arbeitet zuverlässig und störungsfrei. Die Leistungsdaten wurden in einer Testreihe nachgewiesen.

Technische Daten

Thermische Leistung	700 kW
Energieeinsatz	355 kW
Jahresarbeitszahl	1,97
Heizwasser-Vorlauftemperatur	65 °C
Heizwasser-Rücklauftemperatur	40 °C
Betriebsdruck	16 bar

Motor- und Verdichtereinheit

Fa. MDE Dezentrale Energiesysteme GmbH, Augsburg	
Aggregat Typ	WP III/E 2876 DE
Baujahr	2001

Motor

Gas-Otto-Motor	MAN E 2876 DE
Zylinder	6
Drehzahl	1800 1/min
Verdichtungsverhältnis	12:1

Verdichter

Schraubenkompressor	CU 128
Antriebsleistung	122 kW
Übersetzungsverhältnis	1:1,63
Eingangsdrehzahl	1800 1/min.
Ausgangsdrehzahl	2934 1/min.
Wirkungsgrad(Volllast)	98 %

Verdampfer und Kondensator

Fa. Sulzer Escher Wyss	
Baujahr	1983

Verdampfer

Kälteleistung	400 kW
Eintrittstemperatur	25 °C
Verdampfungstemperatur	15 °C

Kondensator

Wärmeleistung	500 kW
Kondensationstemperatur	65 °C
Heizwassertemperatur Austritt	62 °C
Motorabwärme	200 kW

Gaswärmepumpenanlage der Stadtwerke Göppingen/EVF

Ansprechpartner
Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG
Dipl.-Ing. Cord Müller
Großeislinger Str. 30
73033 Göppingen

Beispiel: „Panoramabad", Freudenstadt

Gaswärmepumpenanlage im „Panoramabad" Freudenstadt

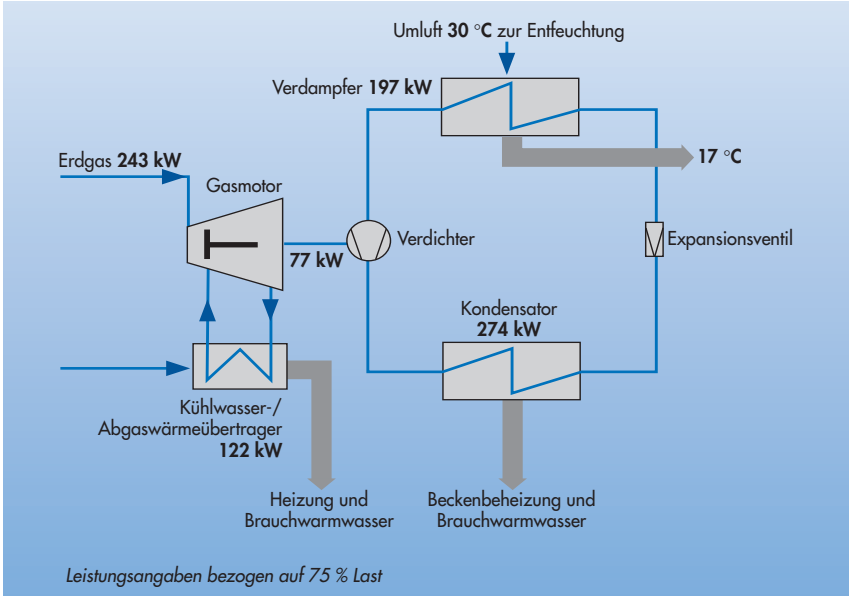
40 Prozent Primärenergieeinsparung gegenüber konventioneller Heizkessel- /Lüftungs-Variante

Seit über 20 Jahren ist die Gaswärmepumpenanlage im „Panoramabad" in Freudenstadt im Schwarzwald bereits in Betrieb. Zusammen mit den vier BHKW-Modulen zur Strom- und Wärmeerzeugung erfolgt die Beheizung des Bades rein auf der Basis von Erdgasmotoren. Die Entscheidung, eine Gaswärmepumpe einzubauen, ist eng mit der Notwendigkeit verknüpft, die Schwimmhalle zum Schutz der Holzkonstruktion zu entfeuchten. Gegenüber einer konventionellen Heizkessel-/Lüftungsvariante konnte das Wärmepumpen-gestützte Lüftungssystem um rund 50 Prozent kleiner ausgelegt werden. Durch die gleichzeitige Nutzung der kalten und warmen Seite der Wärmepumpe wird nicht nur die Luft im Schwimmbad um stündlich 190 Liter Wasser entfeuchtet, sondern auch das Beckenwasser und das Brauchwarmwasser beheizt. Von den rund 3,8 Mio. kWh Wärmebedarf des Bades deckt die Gaswärmepumpe etwa 66 Prozent oder 2,5 Mio. kWh ab. Etwa 1,15 Mio. kWh (46 Prozent) werden aus der feuchten Abluft zurückgewonnen.

Entscheidend für die hohe Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit der 1982 in Betrieb genommenen Anlage ist die konsequente Wartung und Erneuerung wichtiger Komponenten der Gaswärmepumpe. So liegt die Verfügbarkeit der Anlage trotz der hohen jährlichen Betriebsstunden von rund 6.200 h bei 98 Prozent. Die durchschnittlichen Wartungskosten, inklusive Reparaturen bzw. anteilige Kosten für Austauschmotoren und die Umrüstung auf das Kältemittel R 134a, liegen bei etwa 11.000 € pro Jahr.

Seit 2001 können die Stadtwerke Freudenstadt mit einem wichtigen Verhandlungserfolg aufwarten, der die Wirtschaftlichkeit ihrer Gaswärmepumpe nochmals verbessert: Dem Antrag auf Befreiung von der Erdgassteuer im Rahmen des Mineralölsteuergesetzes beim Hauptzollamt Karlsruhe wurde stattgegeben. Damit ist die in Freudenstadt installierte Gaswärmepumpe steuerlich wie ein BHKW eingestuft.

Ansprechpartner
Stadtwerke Freudenstadt GmbH & Co. KG
Rainer Schuler, Geschäftsführer
Reichsstraße 9
72250 Freudenstadt



Anlagenschema der Gaswärmepumpenanlage „Panoramabad"

Mitgliedsunternehmen der ASUE
www.asue.de (Rubrik Mitglieder)

Alfred Kaut GmbH & Co.
Windhukstr. 88
42277 Wuppertal
0202/2682-0
www.kaut.de

Berndt Kälte-Klima-Energie-Umwelt
Industriegebiet, Otto-Hahn-Str. 6
53501 Gelsdorf
02225/9132-0
www.gas-thermodynamik.de

Climaveneta Deutschland GmbH
Oststr. 104a
22844 Norderstedt
040/535704-0
www.climaveneta.de

Gesellschaft für Gasklima mbH
Robert-Bosch-Str. 17a
63477 Maintal
06181/48155
www.gasklima.de

GfKK Gesellschaft für Kältetechnik-Klimatechnik mbH
Dieselstraße 7
50859 Köln
02234/4006-34
www.gfkk.de

Isocal HeizKühlsysteme GmbH
Donaustr. 12
88046 Friedrichshafen
07541/2072-40
www.isocal.de

Öko Energy Systems
Linchenshöh 13
17335 Strasburg
039753/23110
www.waermepumpe24.de

Panitz Haustechnik-Service GmbH
Birkenweg 8
06120 Lieskau
0345/5511696
www.klima-mit-gas.de

Robur
Via Parigi 4-6
I-24040 Verdellino (BG)
0039 035 888111
www.robur.com

Stulz GmbH
Abt. Komfortklimageräte
Holsteiner Chaussee 283
22457 Hamburg
040/5585-252
www.stulz.de

York Deutschland GmbH
Gottlieb-Daimler-Str. 6
68165 Mannheim
0621/4680
www.york.de

Diese Liste ist nicht vollständig und dient der Kontaktaufnahme mit Herstellern und Vertreibern.

www.asue.de