ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

Heizen - Kühlen - Klimatisieren mit Gaswärmepumpen

Fachtagung

15. Oktober 2003, Göppingen

Materialien

Veranstalter/Herausgeber:

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e.V.
Bismarckstraße 16
67655 Kaiserslautern

In Zusammenarbeit mit:

EVF Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG
Großeislinger Str. 30
73033 Göppingen

GVS Gasversorgung Süddeutschland GmbH
Am Wallgraben 135
70565 Stuttgart

BIV Bundesinnungsverband des deutschen
Kälteanlagenbauerhandwerks
Kaiser-Friedrich-Straße 7
53113 Bonn

FGK Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.
Danziger Straße 20
74321 Bietigheim-Bissingen

VBI Verband Beratender Ingenieure
Fachgruppe Technische Ausrüstung
Budapester Straße 31
10787 Berlin

VDKF Verband Deutscher Kälte-Klima-Fachbetriebe e.V.
Kaiser-Friedrich-Straße 7
53113 Bonn

ZVSHK Zentralverband Sanitär Heizung Klima
Rathausallee 6
53757 St. Augustin

Inhalt

Grußworte
W. Berge, Geschäftsführer der Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG,

H.-M. Wonneberger, Leiter VBI-Fachgruppe Technische Ausrüstung, Cottbus

Heizen, Kühlen, Klimatisieren – Energieträger Erdgas
C. Müller, Vorsitzender des ASUE-Arbeitskreises
„Gaswärmepumpen u. Kältetechnik“, Göppingen

Klimatisieren mit Erdgas Grundlagen, Notwendigkeit, Systeme
G. Mertz, Geschäftsführer Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V., Bietigheim-Bissingen

Planung und Installation von gasmotorischen Klimageräten
M. Gruss, Mitsubishi Heavy Industries, München

Lösungen zum Heizen und Kühlen: Einsatzfälle am Beispiel
Gasmotorische Multisplitgeräte:

Einsatz in Verwaltung, Banken und Verkaufsräumen
M. Becker, Fa. Berndt, Gelsdorf

Einsatz im Jugendzentrum Hohenweiden,
Aktuelle Messergebnisse
Dr. H. Krause, MITGAS, Gröbers

Gasabsorptionsgeräte:

Gasabsorptionswärmepumpen im Kommunikationszentrum Fulda
K. Moll, Gas- und Wasserversorgung Fulda GmbH

Neue Gasabsorptionswärmepumpen
S. Scepanovic, Robur, Italien

Einsatz in der Industrie aus Sicht des Planers
A. Hölzlein, Bamberg

Autorenverzeichnis

Liste der verfügbaren Geräte

Grußwort

Wolfgang Berge
Geschäftsführer der Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG

Der Klimatisierungs- und Kältebedarf ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Insbesondere der Trend zur Glasarchitektur, die verschärften Wärmeschutzanforderungen aber auch ein höherer Komfortanspruch haben eine zunehmende Nachfrage nach Raumklima-Anlagen und damit einen Wachstumsmarkt für wirtschaftliche und umweltverträgliche Kälteerzeugungsverfahren bewirkt.

Systeme, die mit umweltschonendem Erdgas betrieben werden, bieten hier eine betriebskostensparende und auch primärenergetisch vorteilhafte Lösung. Mit der Verfügbarkeit von gasbetriebenen Wärmepumpen mit Heiz- und Kühlfunktion stellt sich für Planer und Bauherren jetzt verstärkt die Frage, ob es noch wirtschaftlich ist, separate Wärme- und Kälteerzeuger zu installieren.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung ist es für die EVF erfreulich, dass wir als Mitveranstalter gemeinsam mit der ASUE eine solch wichtige Fachtagung organisieren können, die sich zur Aufgabe gestellt hat, praxisnah den Stand der Technik darzustellen. Das große Interesse des Handwerks, der Ingenieurbüros, der Planer und von vielen anderen an dieser Veranstaltung zeigt, dass nach wie vor ein großer Informationsbedarf zu diesem Thema besteht.

Ähnlich stürmisch wie die Entwicklung der gasbetriebenen Klimatechnik ist in den letzten Jahren auch die Entwicklung der EVF vom Gasversorger hin zu einem modernen Energieversorger und Dienstleister verlaufen. Eine wichtige Facette ist dabei die Förderung innovativer und umweltfreundlicher Technologien. Veranstaltungen wie die heutige Fachtagung nehmen wir deshalb gerne zum Anlass, unsere Erfahrungen weiter zu geben und auch von anderen zu lernen.

Ich bin mir sicher, dass Sie heute ein informatives Programm erwartet und wünsche Ihnen eine interessante und aufschlussreiche Veranstaltung.

Grußwort

H.-M. Wonneberger, Leiter VBI-Fachgruppe Technische Ausrüstung, Cottbus

Es gehört heute zu den allgemein anerkannten Tatsachen, dass durch Energieverschwendung die begrenzten Ressourcen an fossilen Energieträgern viel schneller als nötig verbraucht werden und künftigen Generationen somit die Lebensgrundlagen entzogen werden. Umso wichtiger ist die schnelle Verbreitung der vorhandenen Kenntnisse, über die, durch die technische Entwicklung und den technologischen Fortschritt geschaffenen neuen Lösungsansätze und Lösungsmöglichkeiten, zur besseren energetischen Nutzung der eingesetzten Energieträger.

Der Verband Beratender Ingenieure – VBI unterstützt diese Tagung der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V – ASUE, weil die rationelle Energieanwendung eine echte Herausforderung sowohl für Bauherren, Planer und Ausführende darstellt. Gerade durch solche Informationsveranstaltungen, die die zahlreichen wissenschaftlichen Kenntnisse aus Einzelvorhaben, Forschungsprojekten und Pilotanwendungen einem breiten Fachpublikum bekannt machen, sind notwendig, um diese in die tägliche Planungspraxis zu überführen. Bei diesem Prozess sind die Beratenden Ingenieure besonders gefordert, um die gewünschte Breitenanwendung zu erreichen. Die Fachtagung „Heizen – Kühlen – Klimatisieren mit Gaswärmepumpen“ kann als Weiterführung einer schon bewährten Reihe von Veranstaltungen gesehen werden. Damit wird das vorhandene Interesse dokumentiert und dem Ingenieur eröffnen sich möglicherweise neue Aufgabenfelder.

Viele Ansätze in den 80er Jahren wurden durch die sinkenden Energiepreise zunichte gemacht. Mit der Liberalisierung des Strommarktes ist ein so starker Preisverfall für Elektroenergie eingetreten, dass viele energetisch sinnvolle und technisch gute Lösungen aus finanziellen Gründen nicht mehr weiterverfolgt oder sogar stillgelegt wurden.

Zwischenzeitlich sind einerseits die Anforderungen an das Raumklima gestiegen, anderseits realisieren viele Bauherren und Planer, dass die Energiepreise langfristig wieder steigen werden, so dass innovative Lösungen wieder gefragt sind. Mittlerweile hat sich bei vielen Bauherren und Auftraggebern die Erkenntnis durchgesetzt, dass nicht nur die Aufwendungen für den Bau und die Errichtung der Gebäude und Anlagen zählen, sondern dass die laufenden anfallenden Betriebskosten viel entscheidender für die Rentabilität einer Investition sind. Die Komplexität neuer Gebäude, die häufig gleichzeitig einen Heiz- und Kühlbedarf haben, stellen hohe Anforderungen an eine vorausschauende Planung und bieten auch die Einsatzmöglichkeit von neuen kombinierten Verfahren.

Auch diese Tagung wird zeigen, dass selbst bei einem bloßen Zusammenstellen von vielen für sich effektiven und energetisch guten Einzelkomponenten und Anlagenteilen noch keine energetisch optimale und kostengünstige Anlage entsteht. Dazu ist der Fach- und Sachverstand der Ingenieure besonders gefragt, um aus einer Vielzahl von denkbaren Lösungen, die passende auszuwählen. Danach müssen genau für diese Lösung die Anlagenparameter ermittelt und die Randbedingungen bestimmt werden. Denn was hilft die beste Anlagengestaltung, wenn der vorausberechnete Lastfall selten oder nie eintritt, weil die Bedarfdaten falsch waren oder Anlagenteile außerhalb der erwarteten Arbeitsbereiche betrieben werden. Weil jede Anlage nur so gut sein kann wie deren einzelnen Teile, ist jeder Ingenieur gefordert – ob in der Anlagenentwicklung, in der Planung oder auch im Betrieb – die Belange der Energieeffizienz zu beachten. Dieses Fachwissen zu vermitteln ist das Ziel dieser Tagung. Nur durch ständige Weiterbildung können die Beratenden Ingenieure dem Anspruch an die Fachkompetenz gerecht werden. Wichtig ist es, dass aus guten Einzelanwendungen möglichst viele Anwendungen erwachsen.

Heizen, Kühlen, Klimatisieren – Energieträger Erdgas

C. Müller, Vorsitzender des ASUE-Arbeitskreises
„Gaswärmepumpen und Kältetechnik“, Göppingen

Einleitung

Der Anstieg des Klimatisierungs- und Kältebedarfs bei gleichzeitigem Rückgang des Wärmebedarfs im industriellen als auch im gewerblichen Bereich erfordert die Anwendung von umweltverträglichen Wärme- und Kälteerzeugungsverfahren. Erdgasbetriebene Kälte- und Wärmepumpenanlagen, die nach dem Kaltdampf- und Absorptionsprozess arbeiten, sind eine umweltverträgliche Alternative und bieten ökologische und ökonomische Vorteile.
In diesem Vortrag werden anhand der thermodynamischen Prozesse die grundlegenden Funktionsweisen zur Beheizung und Kühlung vorgestellt. Ziel ist die Einführung in das Tagungsthema und die Grundlagenvermittlung für die folgenden Beiträge. Die Vorteile der Wärme- und Kälteerzeugung mit einer Anlage und der Verwendung von Erdgas werden anhand der Anlageneffektivität, der Umweltbilanz und von Wirtschaftlichkeitsberechnungen aufgezeigt. Ausgeführte Anlagen zeigen die Praxistauglichkeit und werden in weiteren Beiträgen im Detail vorgestellt. Daher ist in diesem Beitrag nur ein Überblick über das Geräteangebot enthalten.

Kaltdampfprozess

Grundsätzlich ist Wärme eine Prozessgröße, die bei dem Energietransfer von einem hohen auf ein niedriges Temperaturniveau auftritt. Es besteht dabei ein Temperaturgefälle vom Wärme abgebenden zum Wärme aufnehmenden Medium. Durch den Einsatz einer Wärmepumpe ist es jedoch auch möglich, Wärme von einem niedrigen auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen. Dies erfordert den Einsatz von hochwertiger Energie für den Antrieb eines Kompressors, um über den Aufbau eines Druckunterschiedes den Temperaturabstand zwischen niedrigem und hohem Temperaturniveau zu überwinden. Mit dem in **Bild 1** dargestellten Kaltdampfprozess kann der Wärmetransport nach diesem Prinzip durchgeführt werden.
Ein in einem geschlossenen Kreislauf geführtes Arbeitsmittel nimmt durch Verdampfen bei einem geringen Druck- und Temperaturniveau Wärme auf. Der im Verdampfer freigesetzte Dampf wird dem Verdichter zugeführt und unter Zufuhr der Antriebsleistung wird der Dampf auf einen hohen Druck komprimiert. Durch die Komprimierung steigt das Temperaturniveau. In dem Verflüssiger wird das Arbeitsmittel auf dem hohen Druck und Temperaturniveau kondensiert (bzw. verflüssigt), wobei Wärme abgeführt wird. Die aufgenommene Wärme im Verdampfer übersteigt die abgegebene Wärme im Verflüssiger um die Antriebsleistung des Verdichters. Geschlossen wird der Kreislauf durch ein Drosselorgan, in dem das flüssige Arbeitsmittel auf das niedrigere Druckniveau im Verdampfer entspannt wird. Durch den Joule-Thomson-Effekt geht mit der Entspannung eine Temperaturabsenkung auf das niedrigere Temperaturniveau einher.
Der Kaltdampfprozess kann für die Beheizung und für die Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden.

Im **Bild 2** ist die Heizfunktion des Kaltdampfprozesses dargestellt. Im Verdampfer kann als Wärmequelle das Erdreich, Wasser oder Luft verwendet werden. Das niedrige Temperaturniveau dieser Umweltwärme (oder von industrieller Abwärme!) wird zum Verdampfen des Kältemittels genutzt und über den Verdichter auf ein hohes

Temperatur- und Druckniveau transportiert. Die im Verflüssiger bei der Kondensierung des Kältemittels frei werdende Wärme kann für die Beheizung von Gebäuden verwendet werden. Diese Nutzung der Heizfunktion wird als Wärmepumpe bezeichnet.

In **Bild 3** ist die Kühlfunktion des Kaltdampfprozesses dargestellt. Dem zu kühlenden Gebäude wird über den Verdampfer Wärme entzogen, indem das Kältemittel verdampft. Mit der mechanischen Energie des Verdichters wird es auf ein hohes Temperatur- und Druckniveau gebracht. Über den Verflüssiger wird die Wärme in der Regel an die Umwelt (Erdreich, Wasser oder Luft) abgegeben. Diese Nutzung der Kühlfunktion wird als Kälteanlage bezeichnet.
Hervorzuheben ist, dass der Prozessverlauf bei der Kühl- und Heizfunktion unverändert bleibt. Liegt der Nutzen des Prozesses am Verflüssiger, wird die Heizfunktion verwendet und man spricht von der Wärmepumpe. Liegt der Nutzen am Verdampfer, wird die Kühlfunktion verwendet und man spricht von der Kälteanlage.

Gasmotorischer Kaltdampfkompressionsprozess
Häufig werden die Verdichter im Kaltdampfprozess elektrisch betrieben. Der Strom hierfür muss in entfernten Großkraftwerken mit Primärenergie erzeugt und zum Verdichter transportiert werden. Hierbei entstehen Verluste von bis zu 70 %. Wird im Kaltdampfprozess die Heizfunktion genutzt, können diese Verluste auch durch den Wärmepumpeneffekt nicht mehr kompensiert werden.
Wird der strombetriebene Verdichterantrieb durch einen gasmotorischen ersetzt, können diese Umwandlungsverluste für den Prozess fast vollständig genutzt werden. Der direkte Verdichterantrieb über einen Gasmotor wird als gasmotorischer Kaltdampfprozess bezeichnet und ist in **Bild 4** dargestellt.
In **Bild 5** ist die Heizfunktion des gasmotorischen Kaltdampfprozesses dargestellt. Hervorzuheben ist, dass mit der Motorabwärme eine zweite Wärmequelle neben dem Verflüssiger für die Heizfunktion zur Verfügung steht. In der Heizfunktion des gasmotorischen Kaltdampfprozesses vereint sich das Prinzip der Wärmepumpe mit dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (**Bild 6**). Die gleichzeitige Nutzung beider Prinzipien ermöglicht einen besonders Ressourcen schonenden Einsatz von Energie für die Beheizung der Gebäude!
Im **Bild 7** ist die Kühlfunktion des gasmotorischen Kaltdampfprozesses dargestellt. Auch beim gasmotorischen Kaltdampfprozess spricht man bei der Nutzung der Heizfunktion von einer Wärmepumpe. Bei der Nutzung der Kühlfunktion spricht man von einer Kälteanlage.
Der gasmotorische Kaltdampfprozess stellt eine Prozessverbesserung dar. Zum Einen werden die Verluste für die Energiebereitstellung bei der Verdichtung reduziert und zum Anderen die Vorteile des Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozesses genutzt. Deutliche Umweltvorteile sind erzielbar.

Absorptionsprozess
Die Verdichtung des Kältemittels im kalten und dampfförmigen Zustand erfordert viel Antriebsenergie. Wird hingegen ein gleich großer Druckunterschied in der flüssigen Phase überwunden, ist der Einsatz von weitaus weniger Energie erforderlich. Dieser physikalische Effekt wird in dem Absorptionsprozess genutzt.
Der Absorptionsprozess ist in **Bild 8** dargestellt. Das gasförmige Kältemittel wird nach dem Verdampfer mit einem Lösungsmittel, welches das Kältemittel absorbiert, in die flüssige Phase überführt. Die beim Absorbieren frei werdende Wärme kann zur Beheizung genutzt werden. Das flüssige Gemisch aus Lösungs- und Kältemittel wird

durch eine Pumpe auf ein höheres Druckniveau gebracht. Im sogenannten Austreiber wird das Kältemittel durch Verdampfen von dem Lösungsmittel, welches in der flüssigen Phase verbleibt, getrennt. Der Trennungsprozess erfolgt durch Zugabe von Wärme. Das Lösungsmittel wird hiernach über ein Drosselorgan auf einen niedrigeren Druck entspannt und erneut dem Absorber zur Aufnahme des Kältemittels zugeführt. Das dampfförmige Kältemittel wird nach dem Austreiber dem Verflüssiger zugeführt, wo es durch Verflüssigung seine Wärme abgeben kann. Über das Drosselventil wird das Kältemittel auf das untere Druckniveau entspannt und erneut dem Verdampfer zur Wärmeaufnahme zugeführt.
Wird im Absorptionsprozess die Heizfunktion genutzt, spricht man von einer Wärmepumpe (**Bild 9**). Wird hingegen die Kühlfunktion genutzt, spricht man von einer Kälteanlage (**Bild 10**).

Der Absorptionsprozess besteht aus einem Kaltdampfprozess, der mit einem thermischen Verdichter, der einen eigenen Kreisprozess darstellt, betrieben wird. Mit diesem thermischen Verdichter kann elektrischer Strom durch Erdgas, Wärme oder Abwärme ersetzt werden. Die hohen stromseitigen Umwandlungsverluste werden hierdurch vermieden. In der Kombination von thermischem Verdichter und Erdgas ergibt sich insgesamt eine höhere Energieeffizienz und somit ergeben sich Umweltvorteile.

Umweltvorteile

Der gasmotorische Kaltdampfprozess sowie der Absorptionsprozess sind energetische Verbesserungen des konventionellen, in der Regel strombetriebenen Kaltdampfprozesses. Mit dem Einsatz des Energieträgers Erdgas können weitere Umweltvorteile realisiert werden.
Durch die Vermeidung der Verluste bei der Stromerzeugung kann mit dem gasmotorischen Kaltdampfprozess etwa 29 % Primärenergie und mit dem Absorptionsprozess 22 % Primärenergie eingespart werden. Diese Verbesserungen ergeben sich in realen Anlagen, wenn diese zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden! Hierzu wurden Geräte von den Firmen Mitsubishi Electric, Robur und Aisin hinsichtlich der primärenergetischen Effizienz im Heiz- und Kühlfall verglichen. Diese Prozessverbesserungen führen beim Einsatz der gasmotorischen Kaltdampfanlage zu Einsparungen an CO_2-Emissionen in der Größenordnung von 15 % und beim Einsatz von Absorptionsanlagen zu Einsparungen an CO_2-Emisssionen von 8 %. Auch die Emissionen an Luftschadstoffen gehen deutlich zurück. Mit dem Rückgang der Emissionen (**Bild 11**) wird ein Beitrag zur Vermeidung des weiteren Anstiegs des Treibhauseffektes sowie von Smogsituationen geleistet.

Verfügbare Gerätetechnologie

Absorber sind seit vielen Jahren auf dem deutschen Markt (**Bild 12**) kommerziell erhältlich und werden von Unternehmen wie York, Carrier, Trane, Robur, Broad Air u. a. angeboten. Sie sind in vielen Größen verfügbar. Die realisierten Anlagen zeigen die technischen und wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten der Absorptionstechnik. Als besonderer Vorteil der Absorber ist hervorzuheben, dass die Nutzung von Abwärme möglich ist. Absorber sind nahezu verschleißfrei, wartungsarm, wenig geräuschintensiv und weisen ein hervorragendes Teillastverhalten auf. Auch können diese in Kombination mit Blockheizkraftwerken, Gasturbinen und in der Fernwärmeversorgung eingesetzt werden.

Gasmotorische Kaltdampfanlagen sind ebenso seit vielen Jahren erfolgreich im Einsatz (**Bild 13**). Insbesondere dort, wo industrielle Abwärme auf hohem Temperaturniveau genutzt werden kann und Wärme ganzjährig benötigt wird, kommt der wirtschaftliche Vorteil des Wärmepumpeneffektes deutlich zum Tragen. Ausgeführte Beispiele haben die Praxistauglichkeit über viele Jahre, teilweise sogar über Jahrzehnte, bestätigt.
In den realisierten Anlagen wird jedoch häufig nur eine Funktion, das Heizen oder das Kühlen, genutzt. Als Gaswärmepumpe kommt die Funktion des Heizens zum Einsatz; als Gaskälteanlage wird nur die Kühlfunktion verwendet. Die technische Möglichkeit, beide Funktionen zu nutzen, wurde bisher in den seltensten Fällen realisiert, da i. d. R. keine standardisierten Lösungen für die gemeinsame Nutzung von Herstellern angeboten wurden!
Zu Beginn der 80er Jahre wurde in Japan ein Forschungsprojekt initiiert (**Bild 14**), um standardisierte gasmotorische Kaltdampfanlagen zu entwickeln, mit denen durch einfache Umschaltung die Heiz- und Kühlfunktion genutzt werden kann. Diese sogenannte „Gas-Heat-Pump“, kurz GHP, befindet sich nach einer zehnjährigen Entwicklungs- und Erprobungsphase seit Ende der 80er Jahre im kommerziellen Einsatz. In Japan sind heute weit über 400.000 GHP-Anlagen installiert und zum Heizen und Kühlen in Betrieb. Mehrere Hersteller bieten diese Geräte in Japan an und werben (**Bild 15**) zum Teil mit den Einsparungen an Atomkraftwerken der 1.000 MW-Klasse!
In diesen GHP (**Bild 16**) ist der Verdampfer mit Verdichter räumlich getrennt zum Verflüssiger mit Druckreduzierventil (sog. Splittechnik). Der Verflüssiger ist als Klimagerät direkt in den zu kühlenden und heizenden Räumen installiert (sog. Innengerät). Die erforderliche Kühl- oder Heizenergie wird direkt und bedarfsgerecht von dem Außengerät über das Kältemittel dem Innengerät zur Verfügung gestellt. Die GHP arbeiten nach dem VRV-System, wobei VRV für Variable Refrigerant Volume und somit quasi für variable Bereitstellung von Kühlmittel steht.

Hinter der GHP verbirgt sich also kein gasmotorischer Kaltdampfprozess nach mitteleuropäischen Verständnis. Bei der GHP (**Bild 17**) wird das Kältemittel vom Außengerät bis zu jedem Klimagerät (Innengerät) geführt. Über Hydraulikmodule (**Bild 18**) können bestehende Kaltwassergeräte angeschlossen werden. Module für die Kälteversorgung von Kühlmöbeln (Normalkühlung und Tiefkühlung) befinden sich derzeit in der Entwicklung.
Die Umschaltung von Heiz- auf Kühlbetrieb erfolgt zentral für die gesamte Anlage über ein 4-Wege-Ventil in dem Außengerät. Im Heizbetrieb (**Bild 19**) fördert der Verdichter das gasförmige Kältemittel zum Innengerät (Verflüssiger im Raum, sog. Deckenmodul), um die Wärme über das Deckenmodul in den Raum abzugeben. Im Kühlbetrieb (**Bild 20**) wird die Fließrichtung einfach umgedreht! Das flüssige Kältemittel wird zum Raum transportiert, um über das Deckenmodul Wärme aus dem Raum aufzunehmen.

Die geschilderten Umweltvorteile des gasmotorischen Kaltdampfprozesses sind mit der GHP im Heiz- und Kühlbetrieb gegeben. Das die Heiz- und Kühlfunktion mit einem Innengerät bewerkstelligt werden kann, ist die GHP mit dem VRV-System wirtschaftlich besonders interessant.

Kostenvergleich

Mit der Nutzung der Heiz- und Kühlfunktion mit nur einem Gerät gehen wirtschaftliche Vorteile einher. Anhand von zwei Beispielen sollen diese Vorteile am Beispiel der GHP mit VRV-System und dem Absorber aufgezeigt werden.
Üblicherweise wird heutzutage für Heizzwecke ein Erdgaskessel und für Kühlzwecke ein elektrisch angetriebener Kaltwassersatz verwendet. Für den Kostenvergleich wird dies mit einer GHP mit dem VRV-System verglichen, welches zum Heizen und Kühlen eingesetzt wird. Als drittes System soll im Kostenvergleich die elektrische Wärmepumpe (EWP) mit dem VRV-System betrachtet werden. Der Kostenvergleich wurde für ein Bürogebäude mit einem Wärmebedarf von 33 kW und einer Kältebedarf von 28 kW angestellt. Für den Gaskessel und für die Kälteerzeugung mit Kaltwassersatz ist eine Investition von 70.000,- EUR erforderlich. Die GHP mit dem VRV-System benötigt eine Investition von 52.000,- EUR, während die Stromvariante mit EWP mit dem VRV-System aufgrund der fehlenden Abwärme (gegenüber der GHP) die höhere Investition von 79.000,- EUR erfordert.
Bei der Betrachtung der zu tätigenden Investitionen wird ein weiterer Vorteil der GHP mit VRV-System deutlich. Durch die Nutzung einer Erzeugungs- und Verteilerstruktur für die Heiz- und Kühlaufgabe sind geringere Investitionen zu tätigen. Dies verbessert die Wirtschaftlichkeit deutlich, da üblicherweise rationelle Energietechniken mit höheren Investitionen erkauft werden müssen, die sich über Energiekosteneinsparungen refinanzieren müssen. Bei der vorgestellten Technik kommen zu den vorhandenen Energiekosteneinsparungen noch die Einsparungen bei den Investitionen hinzu!
Dieser Effekt erklärt auch die deutlichen Einsparungen der GHP bei einer Vollkostenrechnung (**Bild 21**) nach der VDI-Richtlinie 2067. Die GHP mit VRV-System führt zu Jahreskosten von 8.800,- EUR/Jahr. Die Alternativen mit Gaskessel und Elektrokaltwassersatz sowie die elektrische Wärmepumpe führen jeweils zu Jahreskosten von etwa 10.700,- EUR/Jahr bzw. 11.000,- EUR/Jahr. Der Jahreskostenvorteil der GHP liegt bei diesem Projekt bei fast 2.000,- EUR/Jahr.
Bei der Beheizung und Kühlung von Einkaufszentren kann der Einsatz von nur einem Gerät zu wirtschaftlichen Vorteilen führen. Für ein Einkaufszentrum wurden umfangreiche Investitions- und Betriebsvergleiche durchgeführt. Im Ergebnis kam ein Absorber zum Kühlen und Heizen zum Einsatz. Am Beispiel dieser installierten Anlage soll der Kostenvergleich exemplarisch dargestellt werden.
In dem Projekt war zu entscheiden, ob ein mit Erdgas betriebener Absorber oder ein elektrischer Kaltwassersatz und ein Fernwärmeanschluss installiert werden soll (**Bild 22**). Für den Einsatz des Absorbers waren höhere Investitionen von 150.000 EUR erforderlich, die sich über die Energiekosteneinsparung refinanzieren mussten. Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit erfolgte anhand einer statischen Amortisationsrechnung und betrug, mit jährlichen Energiekosteneinsparungen von 65.000 EUR, etwa 2 Jahre und 4 Monate. Nach dieser Zeit war das Mehr an Investition durch das Weniger an Energiekosten ausgeglichen.
Dieses Beispiel stammt aus der Mitte der 90er Jahre mit dem seinerzeitigen hohen Strompreisniveau zu Zeiten vor der Einführung des Wettbewerbes auf dem Strommarkt. Die durch gesetzliche Vorgaben ausgelöste Abschaffung des Anbietermonopols und die Einführung marktwirtschaftlicher Regeln im Strommarkt führte in der Folge zum Absinken der Strompreise bis auf teilweise unter 50 % des Monopolniveaus. Zum Teil wurde Strom unter Selbstkosten und zu Grenzkosten verkauft mit dem Ziel, Kunden zu halten oder zu gewinnen. Mit dem Anstieg der Rohölpreise kam

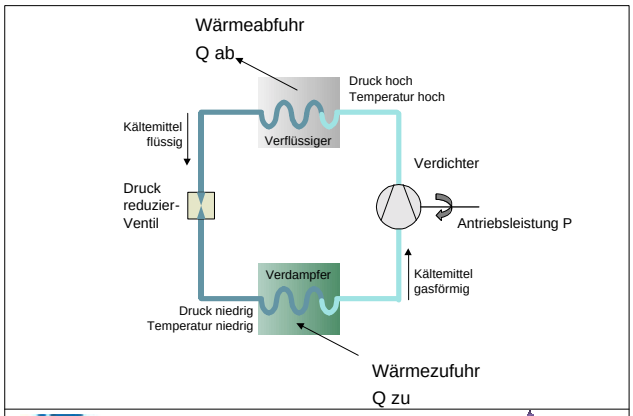
es zeitgleich zu einem Anstieg der Erdgaspreise, da diese an die Entwicklung der Heizölpreise gekoppelt sind.
Der Wirtschaftlichkeit des Absorbers (**Bild 23**) waren diese Entwicklungen nicht zuträglich, da das zu ersetzende Produkt Strom billiger und das Ersatzprodukt Erdgas teuer wurde. Mit dieser aufgehenden Kostenschere ging die Einsparung zu Hochzeiten der Strompreisnachlässe zurück auf jährlich etwa 6.000,- EUR. In der Folge wäre die Amortisationsdauer auf nicht akzeptierbare 25 Jahre angestiegen, wenn zu diesem Zeitpunkt die Wirtschaftlichkeit berechnet worden wäre.
Heute steigen die Strompreise wieder, da auf Dauer der Verkauf eines Produktes zu Grenzkosten zum wirtschaftlichen Ruin führt. Das Strompreisniveau der Monopolzeiten wird wohl zukünftig nicht mehr zu erwarten sein. Darüber hinaus ist ein, wenn auch leichtes, Absinken der Erdgaspreise festzustellen. Diese Entwicklungen führen heute wieder zu akzeptablen Einsparungen beim Absorberbetrieb. Die Amortisationszeiten des Beispiels mit heutigen Randbedingungen liegen bei etwa 9 Jahren (**Bild 23**).

Wie beim Einsatz von rationellen Energietechniken häufig erforderlich, wird das Mehr der Investition durch das Weniger beim Betrieb von Absorbern wieder kompensiert, so dass sich in der Summe ein wirtschaftlicher Vorteil ergibt. Die zukünftigen Entwicklungen werden diesen positiven wirtschaftlichen Trend für die Absorber verstärken.
Dieses Beispiel zeigt aber auch deutlich die Schwierigkeit bei der wirtschaftlichen Beurteilung von Projektalternativen. Bei der Schaffung von langlebigen Anlagen sollte eine kurzfristige Marktänderung nicht die Berechnung der Wirtschaftlichkeit dominieren. Im vorgestellten Beispiel hätte ohne Absorber nur ein Vorteil für wenige Jahre erzielt werden können, die überwiegende Zeit hätte der Betrieb ohne Absorber zu wirtschaftlichen Nachteilen geführt!

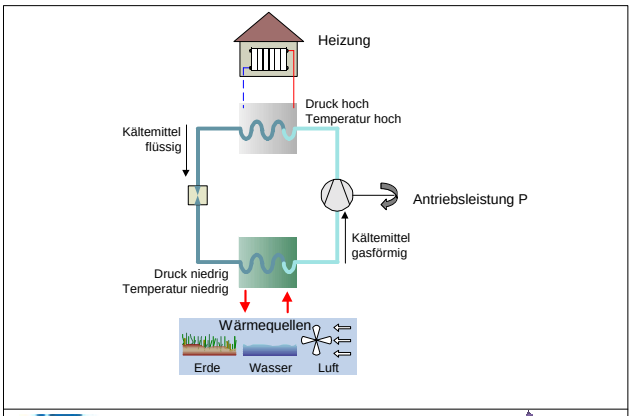
Fazit und Zusammenfassung

Der Bedarf zur Kühlung und Klimatisierung in Gebäuden wird in Deutschland immer größer. Großer Bedarf ist insbesondere im Bereich bis zu einer Kühlleistung von 100 KW gegeben. Bisher werden hierfür überwiegend elektrisch angetriebene Geräte eingesetzt. Eine kostensparende und primärenergetisch vorteilhafte Alternative sind durch "„Gas Heat Pumps“, kurz GHP, gegeben. Diese neue Generation gasmotorisch angetriebener Klimageräte wurde in Japan entwickelt und wird von zwei japanischen Herstellern über deutsche Vertriebspartner seit einem Jahr angeboten. Die GHP kann zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden. Die Kombination von Heizen und Kühlen mit einem System macht die GHP deutlich wirtschaftlicher als getrennte Anlagen für Kühlung und Wärmeversorgung.

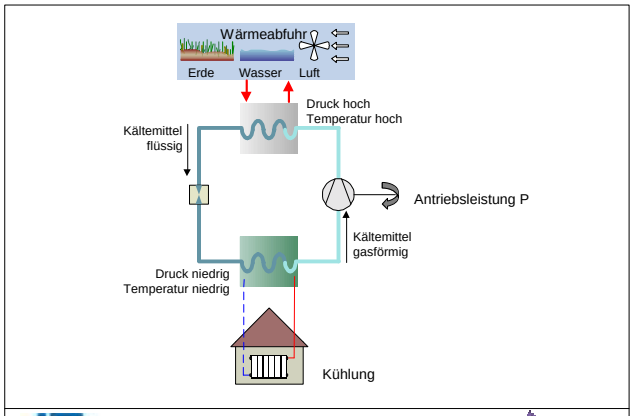
Das Heizen, Kühlen und Klimatisieren mit den verfügbaren gasmotorischen Anlagen und Absorbern sowie dem Energieträger Erdgas ist realisierbar. Die Techniken sind erprobt und ausgereift. Sie haben über viele Jahre die Praxistauglichkeit bewiesen. Das Angebot an verfügbaren Geräten ist schon heute beachtlich und wird ständig größer.
Der gasmotorische Kaltdampfprozess sowie der Absorptionsprozess haben gegenüber den konventionellen Systemen (strombetriebener Kaltdampfprozess) den Vorteil der Einsparung an Energie. In Verbindung mit Erdgas können die Emissionen an Klimagasen und Luftschadstoffen deutlich reduziert werden.
Ökonomisch sind in vielen Fällen die gasmotorischen Anlagen und Absorber eine interessante Alternative gegenüber der herkömmlichen Technik. Der Grund für eine bisher etwas zögerliche Verbreitung ist sicherlich in der mangelnden Kenntnis und in Informationsdefiziten zu suchen. Zur Realisierung ist entsprechend fundiertes Wissen über den Aufbau und die Auslegung erforderlich, so dass der spätere Betreiber vor Problemen bewahrt wird.
Heizen und Kühlen mit einem Gerät generiert Vorteile. Die finanziellen Aufwendungen für die Beheizung und die Kühlung der Gebäude können hiermit reduziert werden und liefern einen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Darüber hinaus wird die Umwelt nachhaltig und dauerhaft entlastet.



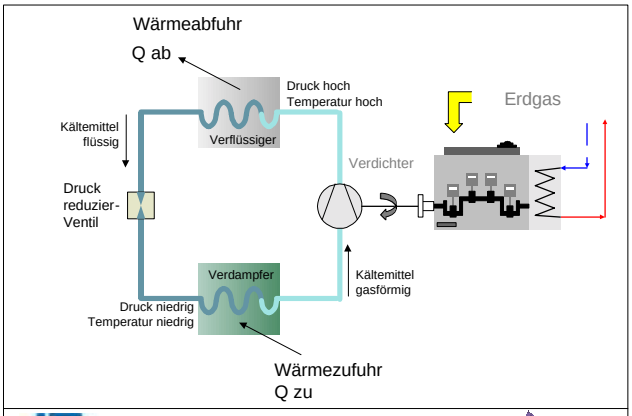
Kaltdampfprozess



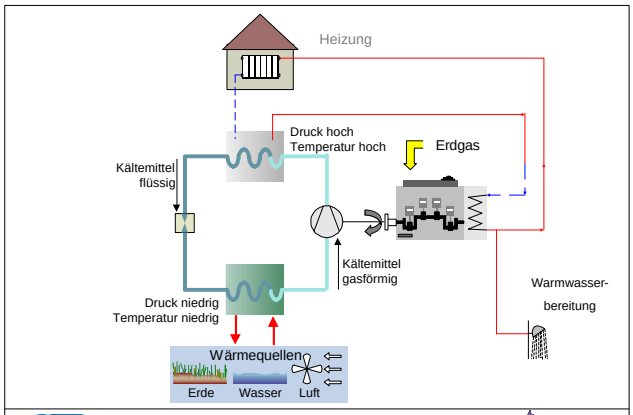
Kaltdampfprozess
Heizfunktion = Wärmepumpe



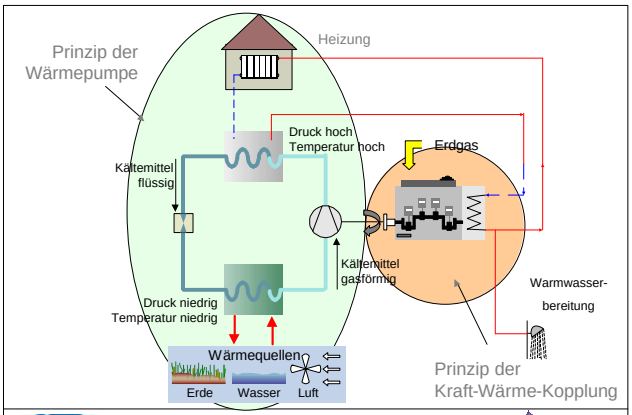
Kaltdampfprozess
Kühlfunktion = Kälteanlage



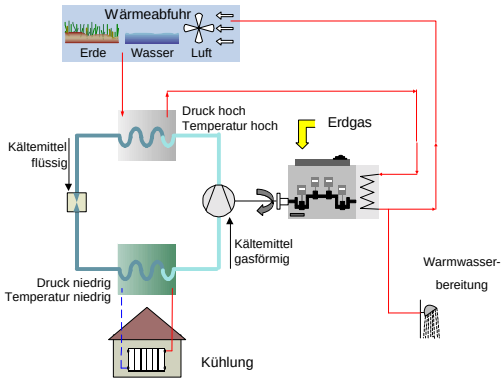
Gasmotorischer Kaltdampfprozess



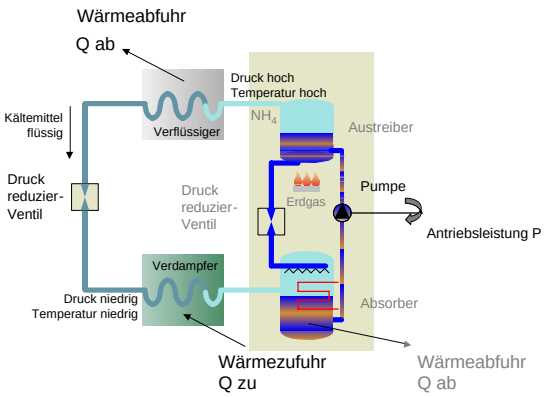
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Heizfunktion = Wärmepumpe



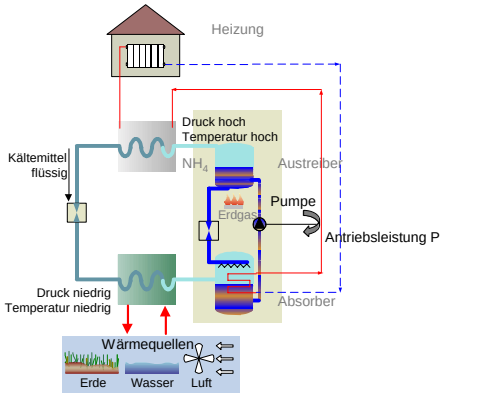
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Kraft-Wärme-Kopplung & Wärmepumpe



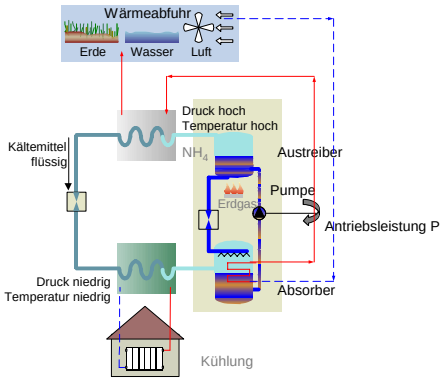
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Kühlfunktion = Kälteanlage



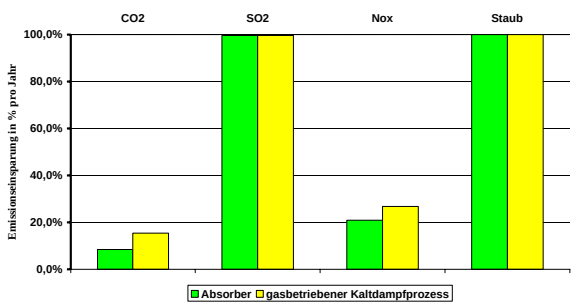
Absorptionsprozess



Absorptionsprozess
Heizfunktion = Wärmepumpe



Absorptionsprozess
Kühlfunktion = Kälteanlage



Umweltvorteile

Anwendungsbeispiele
Absorber

„Panoramabad“, Freudenstadt
Seit über 20 Jahren ist die Gaswärmepumpe im „Panoramabad“ in Freudenstadt bereits in Betrieb. Durch die gleichzeitige Nutzung der kalten und warmen Seite der Wärmepumpe wird entfeuchtet und geheizt.

Nahwärme-Ost, Göppingen
Seit 1983 wird die 30°C Abwärme aus der Produktion der Deutschen Gelatinefabrik Stoess (DGF) genutzt, um eine Schule, Schwimmbad, Verwaltungsgebäude und Mehrfamilienhäuser durch eine Gaswärmepumpe mit Wärme zu versorgen.

Anwendungsbeispiele
Gasmotorische Kaltdampfanlagen

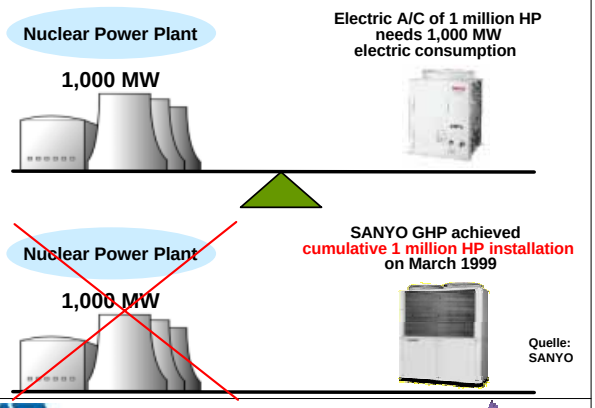
Increase in electric power demand & oil crisis
Diversification of energy source

Development

- 1980 ····· Tokyo-Gas commissioned SANYO to produce a pilot GHP unit.
- April.1981 ··· SANYO participated in the government project of Gas Cooling Technology.
- April.1984 ··· Started joint development of GHP with major gas companies.
- 1985
- April.1985 ··· Released 15HP GHP
- 1987 ····· Three manufacturers entered into GHP market.
- March.1999 ··· Achieved 1 million HP
- April.2000 ··· Released Gas Engine Chiller/Heater
- Sept.2000 ··· Released 8 kW for residential use
- 2001 ··· Released W – GHP multi
- Present

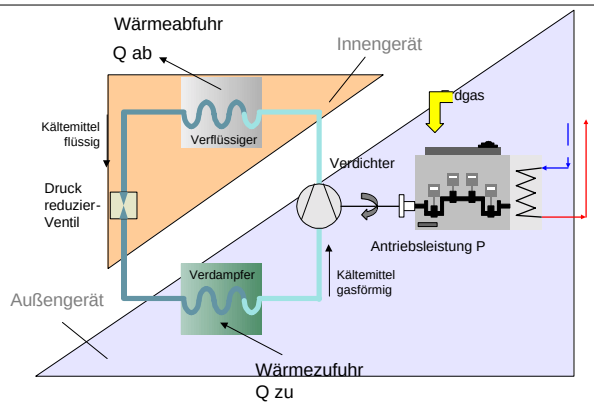
Quelle: SANYO

Entwicklungsgeschichte
Gas Heat Pumps (GHP)

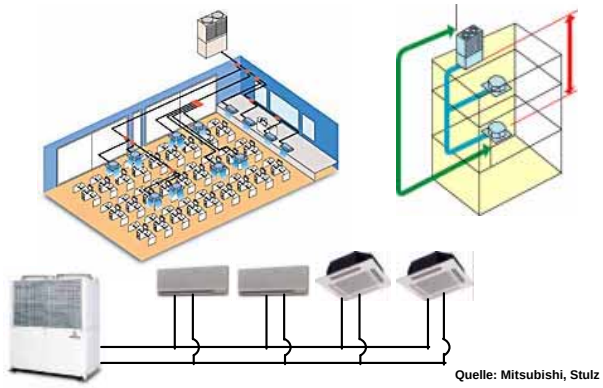


Quelle: SANYO

Installierte Leistungen
Gas Heat Pumps (GHP)

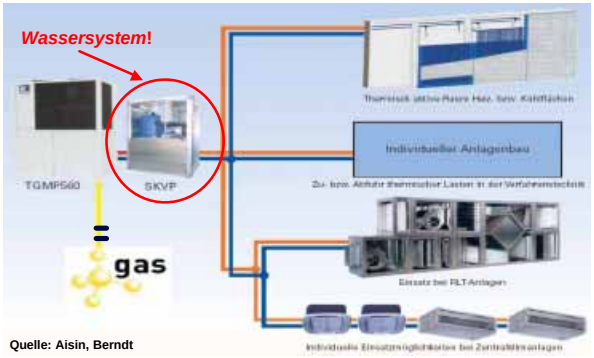


Funktionsprinzip GHP:
Räumliche Trennung des Prozesses



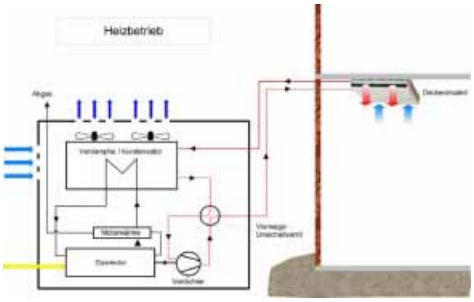
Quelle: Mitsubishi, Stulz

GHP - Realisierung

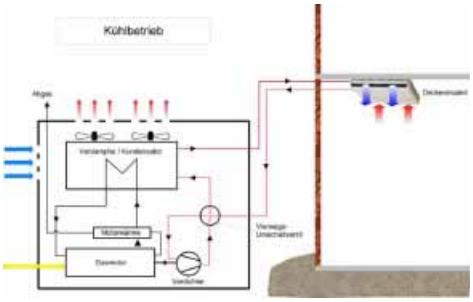


Quelle: Aisin, Berndt

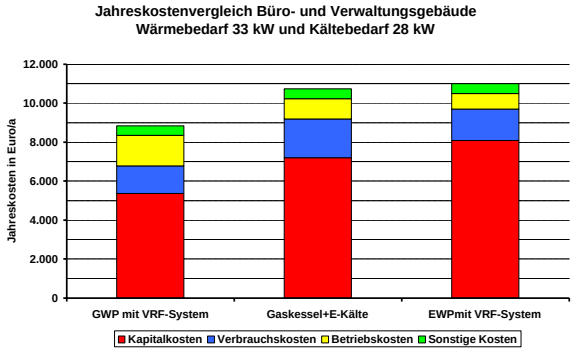
GHP - Hydraulikmodule



GHP im Heizbetrieb



GHP im Kühlbetrieb



Wirtschaftlichkeit GHP Vollkostenvergleich

1. Heizen und Kühlen eines Einkaufszentrums

Lösung 1: 2 Absorber, 2,2 MW Kälte und 1,87 MW Wärme,
Investition 1,07 Mio EUR
Betriebs-, Energie- und Wartungskosten 121.000 EUR

Lösung 2: 2 Kaltwassersätze mit 2,2 MW Kälte und 1,87 MW Fernwärme
Investition 0,92 Mio EUR
Betriebs-, Energie- und Wartungskosten 186.000 EUR

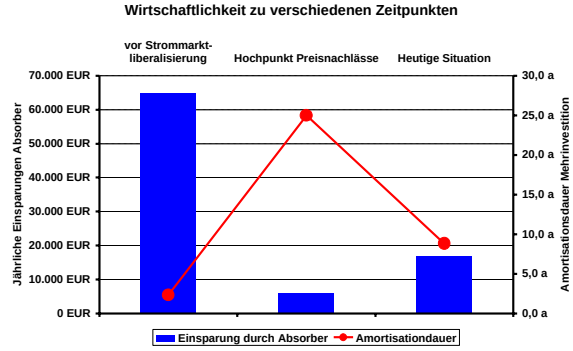
2. Vergleich Absorber mit strombetriebenem Kaltwassersatz:

Mehrinvestition bei Absorber: 150.000 EUR
Einsparung Jahrskosten bei Absorber: 65.000 EUR/a

3. Wirtschaftlichkeitsberechnung (stat. Amortisation):

Amortisation Mehrinvestion: 2,3 Jahre

Wirtschaftlichkeit Absorber Investition und Amortisation



Wirtschaftlichkeit Absorber Entwicklungen bis Heute

Klimatisieren mit Erdgas
Grundlagen, Notwendigkeit, Systeme

G. Mertz, Geschäftsführer Fachinstitut Gebäude-Klima e. V., Bietigheim-Bissingen

Anforderungen an das Raumklima

Behaglichkeit oder Komfort sind gemäß ASHRAE definiert als ein positives Gefühl, nicht nur das Fehlen von Unbehagen. Da Behaglichkeit stets eine subjektive Empfindung ist, wird es auch einer noch so ausgefeilten Klima-, Regelungs- und Energiemanagement-Technik nicht gelingen, alle in einem Raum anwesenden Personen zufrieden zu stellen. Ein Prozentsatz Unzufriedener (auch „Meckerquote" genannt) von 5 bis 10 % kann in der Regel nicht unterschritten werden. Zum Verständnis der Anforderungen, die der Mensch an einen angemessenen Raumluftzustand stellt, ist zunächst die Darstellung einiger physiologischer Grundlagen erforderlich.

Aufgrund seines Stoffwechsels produziert der Mensch Wärme, die er zum Teil an seine Umgebung abgeben muss. Hierbei ist es für das Wohlbefinden erforderlich, dass die Bilanz zwischen momentaner Wärmeproduktion des Menschen und momentaner Wärmeabfuhr - beeinflusst durch die Umgebungsbedingungen - ausgeglichen ist.

Diese Wärmeabgabe beruht auf den Mechanismen der Konvektion, der Strahlung und der Verdunstung. Die Wärmeabgabe durch Konvektion führt zu einer Erwärmung der den Menschen umgebenden Luft, die dann aufgrund des thermischen Auftriebs nach oben steigt. Die Luft strömt an der Decke und den Wänden entlang wieder in den Fußbodenbereich, so dass sich die dargestellte Raumluftwalze ergibt. Die bewegte Luftmenge kann dabei in der dargestellten Bürosituation bis zu 150 m^3/h betragen. Unterstützt wird diese Raumluftbewegung durch die Wärmeabgabe durch Verdunstung. Hierdurch steigt der Feuchtegehalt der Luft, so dass deren Partialdruck sinkt und sie ebenfalls nach oben strömt. Die Strahlungswärmeabgabe dagegen wird nur wirksam zwischen der Körperoberfläche des Menschen und den im Raum befindlichen Oberflächen wie Möblierung, Wände und Decke.

Temperaturempfinden

Die oben genannten Zusammenhänge lasen sich in Formeln darstellen und alle Einflussgrößen bestimmen. Doch der Mensch verspürt lediglich den Gesamtwärmeentzug und kann nicht differenzieren, aufgrund welcher der drei Wärmeübertragungsmechanismen er zustande kommt. So ist es dem Menschen nicht möglich zu bestimmen, ob eine große Wärmeabgabe zum Beispiel auf Grund von zu hoher Raumluftgeschwindigkeit oder zu niedriger Temperatur der Raumluft beziehungsweise der Umschließungsflächen oder aber durch eine zu geringe Raumluftfeuchte zustande kommt. Um eine thermische Behaglichkeit zu erzielen, ist daher die Beachtung aller folgenden Faktoren erforderlich:

- Aktivitätsgrad des Menschen
- Bekleidung des Menschen
- Raumlufttemperatur
- Raumluftfeuchtigkeit

- Raumluftgeschwindigkeit
- Temperatur der Umschließungsflächen

Die beiden ersten Einflussgrößen sind nicht von der Klimatechnik zu beeinflussen. Jedoch kann man bezogen auf die Bürosituation von einigermaßen einheitlichen Bedingungen ausgehen.

Aktivitätsgrad und Wärmeabgabe

Die Wärmeproduktion des Menschen wird im Wesentlichen durch den Aktivitätsgrad bestimmt, wobei ein Mensch sitzend in Ruhe ca. 120 W, bei der Arbeit am Computer jedoch schon ca. 170 W abgibt. Der Grenzwert liegt für die Dauerbeschäftigung bei ca. 350 W. In Abhängigkeit vom Wärmeumsatz ändern sich die Anteile der verschiedenen Wärmeübergangsmechanismen an der Gesamtwärmeabgabe. Da sich die Körperoberflächentemperatur des Menschen bei steigendem Wärmeumsatz nur leicht erhöht, nimmt die Wärmeabgabe durch Strahlung und Konvektion nur langsam zu. Dies ist unter anderem auch auf die Veränderung der Bekleidung zurückzuführen.

Bei steigendem Wärmeumsatz transportiert der Organismus mehr Wasser an die Körperoberfläche, so dass die Verdunstungswärmeabgabe stark ansteigt. Sie ist somit als die eigentliche Regelgröße des Organismus zu betrachten. Erst wenn die Wärmeabfuhr durch Verdunstung nicht mehr ausreicht, bilden sich Wassertröpfchen auf der Haut und der Mensch beginnt zu schwitzen. In Bild 7 sind die Anteile der Wärmeabfuhr des menschlichen Körpers in Abhängigkeit von der Lufttemperatur dargestellt. Bei einer Temperatur von ca. 33 °C werden Strahlung und Konvektion zu Null, da aufgrund der fehlenden Temperaturdifferenz zwischen Körperoberfläche und Raumluft keine Wärme mehr übertragen werden kann. Bei Temperaturen oberhalb von 33 °C kommt es dagegen zu einer Wärmeaufnahme des Menschen. Um nun noch eine ausreichende Wärmeabfuhr zu gewährleisten, muss die Verdunstungswärme entsprechend steigen.

Differenziert man die Wärmeabgabe nach sensiblem und latentem Anteil, so zeigt sich eine starke Abhängigkeit von der Lufttemperatur. Bei t_R = 25 °C und ruhigem Sitzen beträgt die sensible Wärme 70 W und die latente 45 W. Während sich bei mittelschwerer Arbeit die Werte auf 100 W und 160 W verändern, bleibt bei noch höherer Aktivität (schwere Arbeit) der konvektive Wert konstant, während der latente sogar auf 260 W ansteigt. Zu beachten ist auch, dass bei ruhigem Sitzen und Raumtemperaturen unterhalb von 20 °C die Wärmeabgabe des Menschen stark ansteigt, was zu starker Unbehaglichkeit führen kann. Damit wird deutlich, dass es sehr schwierig ist, für Raumnutzer mit unterschiedlichen Tätigkeiten einen für alle behaglichen Raumzustand herzustellen.

Der Einfluss der Raumlufttemperatur

Der oben erwähnte Bereich für die Raumlufttemperatur hat auch in der DIN 1946 Teil 2 (Raumlufttechnik, Gesundheitliche Anforderungen) seinen Niederschlag gefunden. Bereits Hettinger hat 1980 in seinem Buch „Ergonomie am Arbeitsplatz" u. a. auf die Zusammenhänge zwischen der Leistungsfähigkeit des Menschen und der Raumtemperatur deutlich hingewiesen und betont, dass „Klimatisierung des Arbeitsraumes ... nicht nur eine soziale, sondern auch eine echte wirtschaftliche Maßnahme" ist. Um

die thermische Behaglichkeit zu gewährleisten, darf der Temperaturunterschied durch Schichtung in einem Raum nicht mehr als 2 K pro Meter Raumhöhe betragen.

Der Einfluss der Raumluftfeuchte

Die relative Feuchte der Raumluft ist ein Maß für die Sättigung der Raumluft mit Wasserdampf. Aus Behaglichkeitsgründen sollte eine relative Feuchte von 30 % nicht unterschritten werden, da ansonsten bei der Atmung den Schleimhäuten zuviel Wasser entzogen wird und sie unter anderem ihre Reinigungsfunktion nicht mehr wahrnehmen können. Eine relative Feuchte von 65 % sollte dagegen nicht überschritten werden, damit die Verdunstungswärmeabgabe noch in ausreichendem Maß stattfinden kann. Aus diesem Grund darf auch der absolute Wassergehalt x der Raumluft nicht größer als 11,5 $g_W/kg_{tr.L.}$ werden. Darstellen lassen sich diese Werte unter Berücksichtigung der zulässigen Werte für die Raumlufttemperatur als Behaglichkeitsfeld im h,x-Diagramm.

Es ist jedoch zu beobachten, dass der Mensch einen Luftzustand von 26 °C und eine relative Feuchte von 40 % als kälter empfindet als einen Luftzustand von 24 °C und 60 %. Dies liegt an der verstärkten Wärmeabgabe über Verdunstung bei der niedrigeren Raumluftfeuchte. Bei Betrachtung der Feuchtigkeit muss auch berücksichtigt werden, dass der Mensch Feuchtigkeit produziert und auch durch Tätigkeiten Wasser an die Raumluft abgegeben wird.

Schlussfolgerung der physiologischen Betrachtung

Der Mensch stellt an die Raumluft die drei Anforderungen Luftqualität, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. Diese Anforderungen hängen für die Behaglichkeit eng zusammen. So wird z. B. bei hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit die gegebene Luftqualität noch schlechter empfunden als bei niedrigen Werten von Temperatur und Feuchtigkeit. Höhere Temperaturen lassen sich mit niedrigen Feuchtigkeiten besser ertragen, während höhere Feuchtigkeiten niedrigere Temperaturen erfordern. Die Zukunft wird darin bestehen, dass alle drei Größen (Temperatur, Feuchtigkeit und Luftqualität) durch Sensoren gemeinsam erfasst werden und dann eine bedarfsgerechte Regelung erfolgt.

Raumklimageräte: Flexible Lösungen zur Sicherstellung der thermischen Behaglichkeit

Raumklimageräte haben sich heute in vielen (teil-)klimatechnischen Anwendungsbereichen und Marktsegmenten einen festen Platz gesichert. Es gelang ihnen, sich neue Einsatzgebiete zu erobern wie beispielsweise größere Hotelkomplexe oder Bürogebäude, die mit modernster Multi-Splittechnik ausgestattet wurden. Die breite Produktpalette der Raumklimageräte – vom einfachen Portable bis zum VRF-gesteuerten Multi-Splitsystem – ermöglicht es, bedarfs- und anwendungsspezifisch den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten und individuellen Nutzeranforderungen Rechnung zu tragen. Dies gilt sowohl im Neubaubereich als auch, in noch stärkerem Maße, in der Sanierung und bei der nachträglichen Installation klimatechnischer Systeme. Nicht nur bei den Endverbrauchern haben Raumklimageräte eine hohe Akzeptanz – auch bei Planern und anlagenbauenden Unternehmen der Technischen Gebäudeausrüstung gewinnt diese Technik zunehmend an Bedeutung. Mittlerweile gehört die Planung und Installation solcher Geräte- und Systemlösungen, bei

denen es sich, da es keine deutschen Hersteller gibt, ausschließlich um Importware handelt, für viele Unternehmen der „klassischen“ Klimatechnik zur täglichen Arbeit. Mit einer ausgereiften Technik, ansprechendem Design und energieökonomischen Lösungen bieten Raumklimageräte neue Systemlösungen sowohl für den Neubau als auch für das große Potenzial im Sanierungsbereich. Dies zeigt sich an vielen Praxisbeispielen, die belegen, dass Split- und Multisplit-Systeme mittlerweile mit großem Erfolg in immer mehr Gebäudetypen zum Einsatz kommen. Selbst Anwendungen oberhalb des 100 kW-Bereiches gehören heute zum Standard. Neben den bedarfsgeregelten Kühlungs- und Enfeuchtungsfunktionen sind die Geräte heute in der Lage, über die Innenteile Außenluft zuzuführen, eine individuelle Regelung für jeden Raum zu realisieren und weisen einen geringen Schalldruckpegel der Innenteile auf.

Kombinierte Geräte auf Erdgasbasis

Mit gasbefeuerten Absorptionskältemaschinen auch in kleineren Leistungsbereichen wurde eine neue Ära der Raumklimatisierung gestartet. Sie können, je nach Leistung und Produktvariante, bis zu 45 Rauminnengeräte mit Kalt- oder Heizwasser versorgen und gleichzeitig warmes Brauchwasser erzeugen. Im Gegensatz zu elektrisch angetriebenen Kältemaschinen, bei denen die Kompression des Kältemittels mechanisch über Verdichter erfolgt, basiert die Verdichtung bei der Absorptionskältetechnik auf einem anderen Prinzip. Absorptionsanlagen verdichten das Kältemittel, indem sich das in der Anlage befindliche Stoffpaar durch Wärmezufuhr trennt und unter Wärmeabgabe vereinigt. Die thermischen Randbedingungen bei dieser „thermischen Kompression“ werden durch das eingesetzte Stoffpaar bestimmt. Im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung haben sich zwei Arbeitsstoffpaare durchgesetzt: Bei der Erzeugung der Klimakälte ist es die Kombination Wasser als Kältemittel und Lithiumbromid als Absorptionsmittel. Im Bereich der Prozesskälte wird als Kältemittel Ammoniak und als Absorptionsmittel Wasser eingesetzt.

Mit der Entwicklung der Gas-Klimageräte können im Bereich der Raumklimatisierung neue Einsatzfelder erschlossen werden. Immer mehr Anwendungsbereiche interessieren sich für die Absorptionstechnik, um damit Gas, Öl, Dampf oder Abwärme in Kälteleistung zu verwandeln. Auf der Basis dieser Technologie wird es dann möglich sein, insbesondere beim Einsatz von Erdgas, auf ressourcenschonende und energieeffiziente Weise mit einem Geräte mehrere thermodynamische Funktionen zu erfüllen – nämlich: Heizen. Kühlen, Klimatisieren mit einem Gerät.

Klimatisieren mit Erdgas

Grundlagen, Notwendigkeit, Systeme

Günther Mertz
Geschäftsführer
Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.

Behaglichkeit

PRESSE INFORMATION

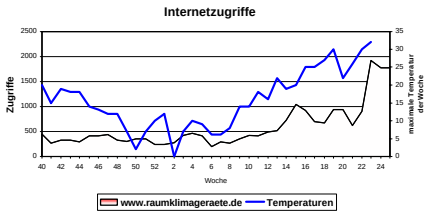
Gerichtsurteil: 26 Grad im Büro sind genug

Das Baselbeder Landgericht hat in einem Urteil entschieden, dass die Raumtemperatur in einem Büro 26 Grad nicht überschreiten darf, es sei denn, draußen herrschen Temperaturen von mehr als 32 Grad. Geklagt hatte eine Anwaltskanzlei aus Gütersloh, die 1999 in einem Neubau mehrere Geschosse angemietet hatte. Regelmäßige Messungen ergaben, dass die Innenraumtemperatur in den angemieteten Büroräumen an mehreren Tagen auf 32 Grad anstieg, obwohl es draußen kühler war. Durch die großen Fensterflächen, die von Sonnenlichtbrechung mit einfachen Außenjalousien geschützt waren, entstand so ein Kurzzeitmikroklima, ein „Treibhauseffekt", der auch durch regelmäßiges Lüften nicht in den Griff zu bekommen war. Nach dem Gerichtsurteil ist es jetzt Aufgabe des Vermieters bzw. des Bauträgers, für erträgliche Innenraumtemperaturen zu sorgen. Ob durch andere Beschattungsanlagen oder durch den Einbau von Klimaanlagen, das bleibt ihm überlassen.

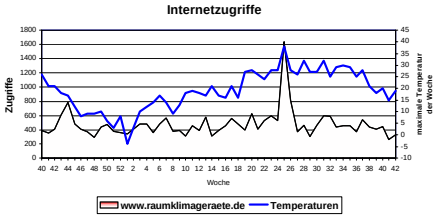
Hohe Raumtemperaturen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Auf diesen Zusammenhang weist das Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Berlgheim-Bissingen, hin. „Bei einem Anstieg der Temperaturen auf über 22 Grad Celsius muss bereits mit einem Abfall der Leistungsfähigkeit

Schon ab einer Raumtemperatur von 22°C sinkt die Leistungsfähigkeit

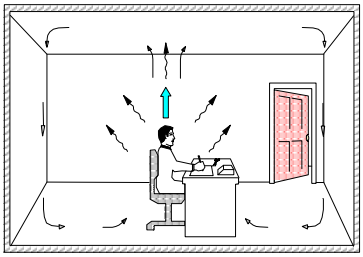
2003



2002



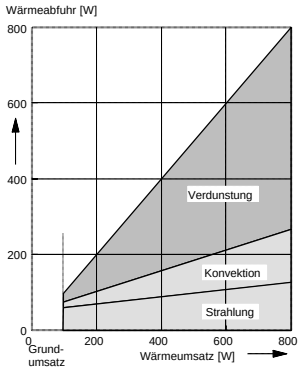
Die Wärmeentwicklung des Menschen



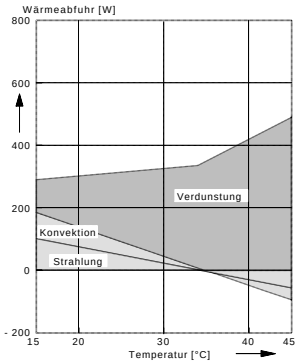
- **Luftbewegung**
- **Wärmeabgabe durch Strahlung**
- **Wärmeabgabe durch Konvektion einschließlich Verdunstung**

Die Wärmeentwicklung des Menschen

Beschäftigung	Q [W]
Liegend	**86**
Sitzend und in Ruhe	**112**
Stehend und in Ruhe	**126**
Ankleiden und Entkleiden	**137**
Leichte Arbeit, stehend	**163**
Maschinenschreiben (rasch)	**165**
leichte Arbeit am Schraubstock	**250**
Zimmermann	**279**
Kellner in einem Restaurant	**291**
Marsch, Geschwindigkeit 5 km/h	**314**
Tanz oder Marsch, Geschwindigkeit 6,5 km/h	**407**
Maurer, Steinhauer	**436**
Arbeiter beim Holzsägen	**523**
Lauf, Geschwindigkeit 8,5 - 9 km/h	**675**
Maximale Leistung je nach persönlicher Kraft und Ausdauer	**870 - 1400**



Anteile der Wärmeabgabe bei steigendem Wärmeumsatz des menschlichen Körpers /Steimle/Schädlich



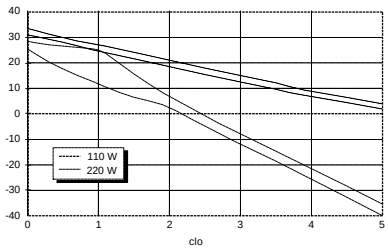
Anteile der Wärmeabfuhr des menschlichen Körpers in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (Voraussetzung: keine direkte Sonnenbestrahlung) /Steimle/Schädlich

- AAktivitätsgrad des Menschen
- BBekleidung des Menschen
- RRaumlufttemperatur
- RRaumluftfeuchtigkeit
- RRaumluftgeschwindigkeit
- TTemperatur der Umschließungsflächen

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

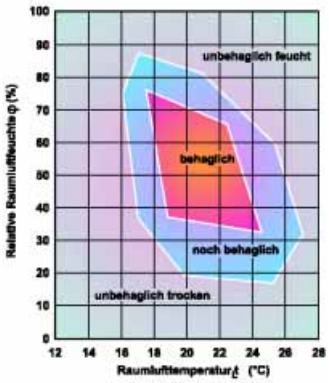
Clo unit [clo]	Art der Bekleidung	Wärmedurchlass -widerstand [m²K/W]
0	keine	-
0,1	leichte Turnhose und Unterhemd	0,0154
1	leichter Straßenanzug	0,154
2	normale Winterbekleidung	0,308
5	Polarkleidung	0,77

Quelle: Steimle/Schädlich



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

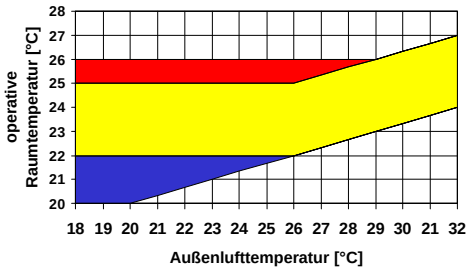
Bereich behaglicher Temperatur und Raumluftfeuchte



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

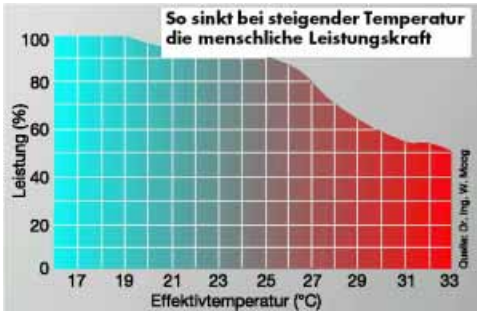
Raumtemperatur bei klimatisierten Gebäuden

Zulässige Raumlufttemperaturen DIN 1946 Teil 2



nur bei Quellüftung
Zulässiger Bereich
Kurzzeitig im Winter

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

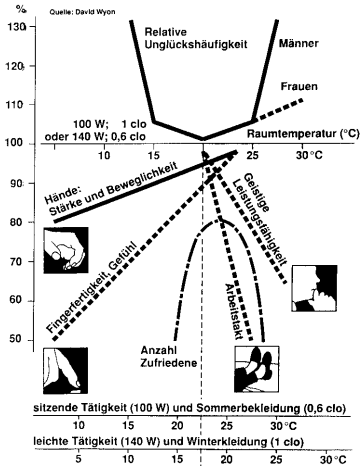


Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und:

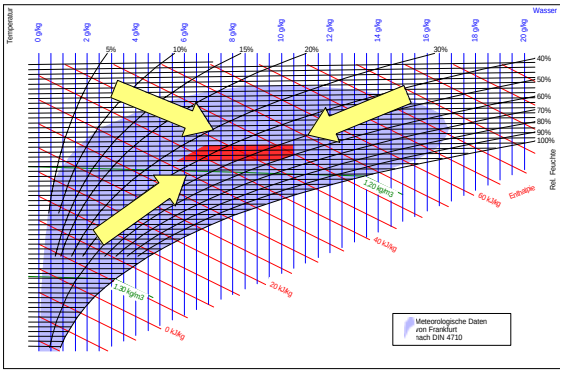
- Beweglichkeit
- Fingerfertigkeit
- Arbeitsfähigkeit
- Unglückshäufigkeit

Quelle David Wyon



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

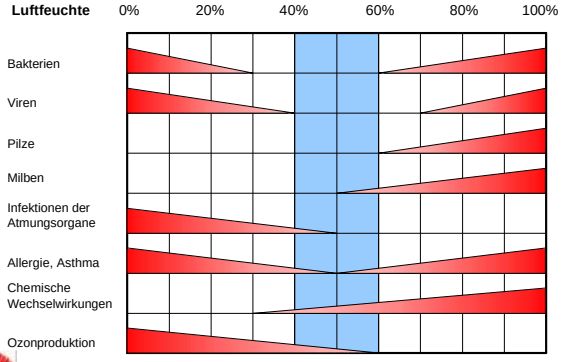
Behaglichkeitsfeld und Wetterdaten im hx-Diagramm



Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946 Teil 2

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Raumluftfeuchte und menschlich-biologische Wechselwirkungen



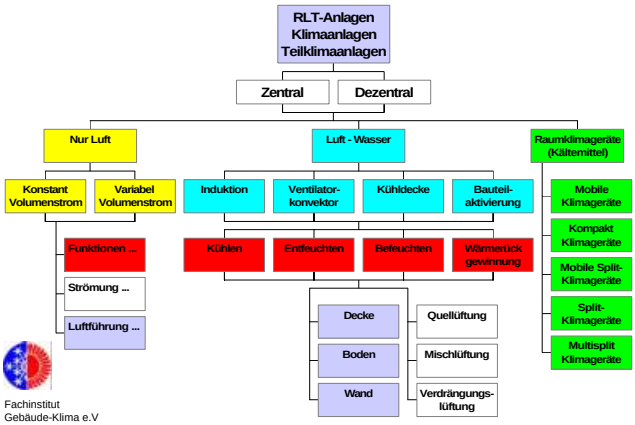
Gegenüberstellung der hygienischen Wirkungsänderungen in Abhängigkeit der relativen Raumluftfeuchte

Entwicklung biologischer Organismen und Wechselwirkungen mit menschlichen Organen und der Umgebung

Nach Scofield und Sterling ASHRAE-Journal 34

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Systematik RLT-Anlagen



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Splitklimageräte

Splitklimageräte sind die komfortabelste Variante der Raumklimageräte. Diese Geräte sind aufgeteilt in:

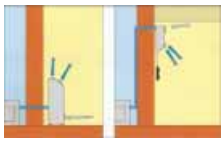
- Innengerät mit Verdampfer und Umwälzventilator
- Außenteil mit Kühlaggregat und Verflüssiger

Die Verbindung der Teilgeräte erfolgt über eine Kältemittelleitung mit kleinem Querschnitt. Diese Trennung der Geräte hat eine Reihe von Vorteilen:

- sehr leise im Innenraum
- vielfältige Lösungen und Anordnungen der Innengeräte
- Leistung bis ca. 15 kW
- auch Raumheizung möglich

Diese Geräte werden überall dort eingesetzt, wo auf hohen Komfort und einen energiesparenden Betrieb Wert gelegt wird:

- Büro- und Gewerberäume
- Einzelhandel
- Praxen
- Gaststätten
- Veranstaltungsräume



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Multi - Splitklimageräte

Multi-Splitklimageräte entsprechen in ihrem Aufbau den Splitklimageräten. Bei diesen Geräten ist es jedoch möglich, 4-16 Innengeräte an ein Außengerät anzuschließen:

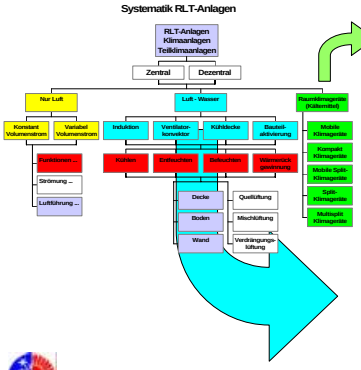
- Platzsparende Installation
- Heizen und Kühlen ist gleichzeitig möglich
- sehr leise im Innenraum
- vielfältige Lösungen und Anordnungen der Innengeräte
- Leistung flexibel. Durch Kombination ist die Versorgung ganzer Gebäude möglich
- auch Raumheizung möglich
- Stromsparender Inverterbetrieb der Verdichter ist möglich.

Diese Geräte werden überall dort eingesetzt, wo auf hohen Komfort und einen energiesparenden Betrieb Wert gelegt wird:

- Büro- und Gewerberäume
- Einzelhandel
- Praxen
- Gaststätten
- Veranstaltungsräume
- gehobener Standard im Einfamilienhaus

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Systematik von gasbetriebenen bivalenten Klimageräten



Kältemittelkreislauf

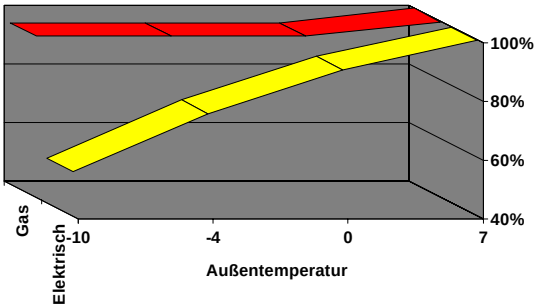
- Energietransport im Gebäude übernimmt das Kältemittel
- Zweileiter, Dreileiter oder Vierleitersystem je nach geforderter Gleichzeitgkeit von Heizen und Kühlen
- Innengeräte für Heiz- und Kühlfunktion sind die gleichen
- Nur konvektive Systeme mit Ventilator sind möglich

Wasserkreislauf

- Energietransport im Gebäude übernimmt ein Wasserkreislauf
- Zweileiter oder Vierleitersystem je nach geforderter Gleichzeitgkeit von Heizen und Kühlen und Innengeräteausführung
- Innengeräte für Heiz- und Kühlfunktion können sehr vielfältig sein
- Flächenheiz- und Kühlsysteme sind möglich

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

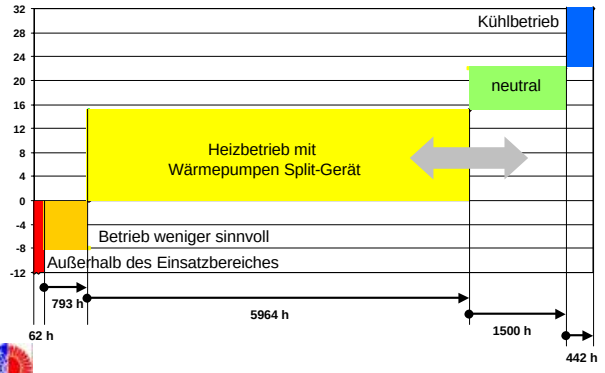
Einsatzbereich für bivalente Systeme steigt durch Gaseinsatz



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Durch die Nutzung der Abwärme von Gasmotor oder Absorptionsprozess bleibt auch bei tiefen Außentemperaturen die Heizleistung des Geräte hoch und steht ohne Einschränkung zur Verfügung

Nutzungsdauer eines elektrischen Wärmepumpen-Split-Gerätes

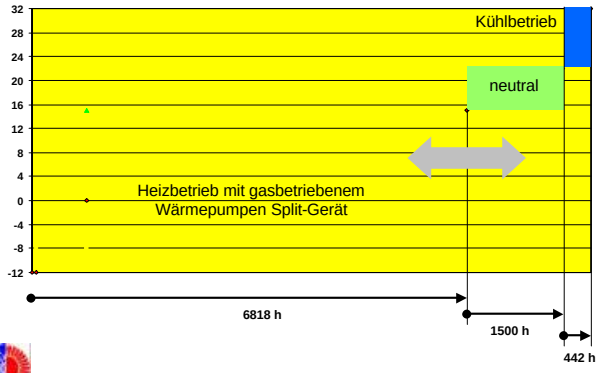


Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Wetterdaten Frankfurt

Quelle: Iselt/Arndt -Die andere Klimatechnik

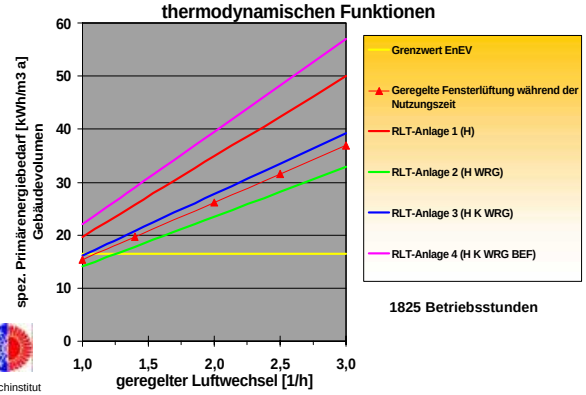
Nutzungsdauer eines gasbetriebenen Wärmepumpen-Split-Gerätes



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Wetterdaten Frankfurt

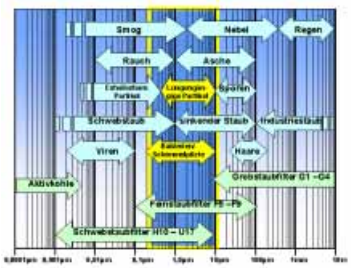
Primärenergiebedarf für Lüftungs- und Klimaanlagen in Abhängigkeit des Luftwechsels und der thermodynamischen Funktionen



1825 Betriebsstunden

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

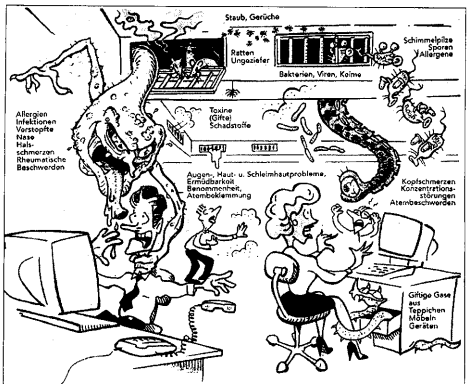
Luftfilterung



Abscheide-grad [%]	Wirkungs-grad [%]	Filterklasse DIN/EN 779 ASHRAE 52.1-1992	Eurovent 4/9 class	ASHRAE 52.2 MERV
A_m<65		G1	EU1	1
65< A_m > 80		G2	EU2	2 – 4
80< A_m > 90		G3	EU3	5 – 6
90< A_m		G4	EU4	7
	40 < E_m > 60	F5	EU5	8 – 10
	60 < E_m > 80	F6	EU6	11 – 12
	80 < E_m > 90	F7	EU7	13
	90 < E_m > 95	F8	EU8	14
	95 < E_m	F9	EU9	15

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Hygiene von Raumlufttechnischen Anlagen



Warum sind Hygienekontrollen in RLT-Anlagen keine Selbstverständlichkeit?

- ★ **Mangelhafte Kenntnisse über die Zusammenhänge.**
- ★ **Geringes Interesse von Nutzer und Betreiber.**
- ★ **Befürchtung "Schlafende Hunde" zu wecken.**
- ★ **Fehlende Vorschriften, Grenzwerte, Normen.**

Warum sollen RLT-Anlagen hygienebewußt betrieben werden?

- ★ **Luft ist unser wichtigstes "Nahrungsmittel".**
- ★ **Hygiene ist eine Grundlage für Gesundheit.**
- ★ **Hygiene ist eine Grundlage für Wohlbefinden.**
- ➡ **Gesundheit und Wohlbefinden sind wichtige Faktoren für zufriedene Mitarbeiter.**
- ➡ **Zufriedene Mitarbeiter sind die Grundlage für den Erfolg.**

Komponenten:

Endgeräte (Mischboxen, Induktionsgeräte, Ventilatorkonvektoren):

- ? **Prinzipiell Verschmutzung der Geräte durch Raumumluft möglich**
- ? **Zugänglichkeit der Geräte sicherstellen.**
- ? **Reinigung nach Herstellerangaben.**
- ? **Filter als Geräteschutz vor Verschmutzung mind. G4**
- ? **Filter zur Reinigung der Raumluft min. F7**
- ? **Möglichst geringe Oberflächentemperaturen bei Heizbetrieb.**
- ? **Im Entfeuchtungsbetrieb ist mit einer höheren Verschmutzung der Wärmetauscher zur rechnen.**

Endgeräte

Einbausituation
Verschmutzung
Filter

Nr.	Nr.	Nr.	Tätigkeiten nach VDMA 24 186	periodisch	nach Bedarf	Periode VDI 6022
5	8		Induktionsgeräte und vergleichbare Nachbehandlungsgeräte			
5	8	1	Lufterwärmer, -kühler und Düsen auf Verschmutzung, Beschädigung und Korrosion prüfen und ggf. reinigen	x		6-12 Mon.
5	8	2	MSR-Einrichtung siehe VDMA 24186 Teil 4			
5	8	3	Filtermedium auswechseln		x	3-12 Mon.
5	8	4	Reinigen		x	12 Monate

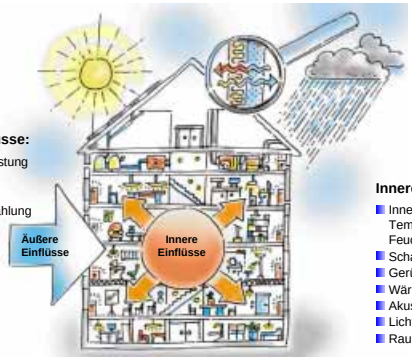
✓ Hygieneanforderungen werden durch eine konventionelle, sachgemäße Wartung im allgemeinen erfüllt.

✗ Kontrollintervalle werden festgelegt.

Einflüsse auf ein Gebäude und die Raumqualität

Gebäude:
- Ausrichtung
- Lage
- Form
- Größe

Äußere Einflüsse:
- Außenluftbelastung
- Lärm
- Außenklima
- Sonneneinstrahlung
- Wind



Bauphysik:
- Luftdichtigkeit
- Wärmeverluste
- Wärmeeintrag
- Fassade
- Speicherung

Innere Einflüsse:
- Innenraumklima
  Temperatur
  Feuchte
- Schadstoffe
- Gerüche
- Wärmequellen
- Akustik
- Licht
- Raumgestaltung

Planung und Installation von gasmotorischen Klimageräten

M. Gruß, Mitsubishi Heavy Industries, München

1. VRF Technologien und ihre Produkte

2. Vorteile von VRF-Systemen

3. Planung und Installation von KX Gas-Systemen

4. Einsatzmöglichkeiten von KX Gas-Systemen

5. Vertrieb von KX Gas-Systemen

1. VRF Technologien und ihre Produkte

Die Entwicklung von VRF Systemen erfolgte in den 70iger Jahren in Japan, um die Bedürfnisse an die Komfortklimatisierung, d.h. Heizen und Kühlen von großen Gebäuden befriedigen zu können. VRF-Systeme sind Direktverdampfungssysteme, d.h. der notwendige Transport von Wärme oder Kälte wird von einem Kältemittel übernommen. Die Abkürzung VRF ist englisch und heißt „variable refrigerant flow“ zu deutsch „variabler Kältemittelstrom“, d.h. die Menge an Kältemittel, das im System transportiert wird, ändert sich in Abhängigkeit von der Leistungsabnahme der Innengeräte. Vereinfacht ausgedrückt kann man sagen, je mehr Leistung die Innengeräte an die zu klimatisierenden Räume abgeben, desto mehr Kältemittel wird vom Kompressor im Außengerät ins System gefördert. VRF Systeme gehören zu den Splitklimaanlagen. Splitklimaanlagen sind gekennzeichnet durch die örtliche Trennung der beiden Hauptkomponenten, den luftgekühlten Kompressionskälteanlagen für Außenaufstellung und die Umluftklimageräte in den Räumen, d.h. VRF Systeme bestehen aus einem Außengerät mit Leistungsregelung sowie Innengeräten mit elektronischen Expansionsventilen, die als Massenstromregler die benötigte Heiz- oder Kühlleistung an die jeweilige Raumlast anpassen.

Damit die Leistungsbereitstellung der Außengeräte mit der Leistungsabnahme der Innengeräte korreliert, findet eine permanente Kommunikation zwischen allen Innen- und Außengeräten über eine Busleistung statt. Die heutigen VRF Systeme sind sowohl für den Kühlfall an heißen Sommertagen sowie auch für den Heizfall an kalten Wintertagen konzipiert. Bei der VRF Technologie muß grundsätzlich zwischen elektrisch betriebenen und gasbetriebenen Systemen unterschieden werden. Diese Unterscheidung betrifft jedoch nur die Außengeräte, da die Innengeräte für beide Systeme identisch sind.

Die größten elektrisch betriebenen VRF Systeme bieten eine Kühlleistung von 126 kW bzw. eine Heizleistung von 135 kW, wobei bis zu 40 Innengeräte an eine Außengerätekombination als Kältemittelverbundsystem angeschlossen werden können.

Bis zu 30 verschiedene Innengeräte können an die gasbetriebenen VRF Systeme von MHI angeschlossen und maximal 100 m vom Außengerät entfernt installiert

werden. Der Höhenunterschied zwischen dem Außen- und den Innengeräten kann bis zu 50 m betragen. Zwei verschiedene gasbetriebene Außengeräte von MHI stehen derzeit zur Verfügung, Geräte mit einer Kühlleistung von 45 bzw. 56 kW und einer Heizleistung von 56 bzw. 67 kW. Geräte mit kleineren Leistungen kommen 2004 auf den deutschen Markt (35,5 kW Kälteleistung 42,5 kW Heizleistung). Des weiteren sind alle Geräte auch mit Flüssiggas erhältlich. Die KX Gas Außengeräte wurden vom DVGW, der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. geprüft und CE-zertifiziert.

Die gravierenden Unterschiede zwischen elektrisch und gasbetriebenen VRF Systemen resultieren aus der Möglichkeit, die Abwärme des gasbetriebenen Verbrennungsmotors zu nutzen. In dieser Abbildung ist der erste Unterschied klar zu erkennen. Ein elektrisch betriebenes System benötigt Abtauzyklen, falls sich am Verdampfer des Außengerätes Eis angesetzt hat. Ein gasbetriebenes System kann die Abwärme des Motors nutzen, so dass eine Vereisung der Verdampferflächen nicht erfolgt. Als Resultat steht eine permanente Wärmequelle zur Verfügung ohne Abtauzyklen.

Elektrisch betriebene VRF Systeme geben bei sinkenden Temperaturen weniger Leistung ab. Gasbetriebene Systeme nutzen die Wärme des Motors und geben unabhängig von der Außentemperatur auch bei minus 20°C gleichbleibend Heizleistung für die Innengeräte ab.

Die Frage, ob ein elektrisch- oder gasbetriebenes System vorteilhaft ist, kann nur mit Hilfe der Projektdaten, insbesondere die Größe und Relation des Wärme- und Kältebedarfs sowie die Außentemperaturen aufgrund der geographischen Lage, entschieden werden.

Die Produktpalette der Innengeräte besteht aus 11 verschiedenen Modellen, d.h. 4 Deckenkassettenmodelle, 3 Deckeneinbaumodelle, 1 Deckenunterbaumodell, 1 Wandmodell und 2 Truhenmodellen. 11 verschiedene Leistungsgrößen bieten in Kombination mit den Modellen insgesamt 60 verschiedene Einzelmodelle. So steht für jede individuelle und architektonische Anforderung ein passendes Gerät zur Verfügung steht.

Neben der Vielzahl von möglichen Innen- und Außengeräten überzeugt die KX Technologie durch eine große Regelungsvielfalt, z.B. mit einfachen Hotelfernbedienungen, mit Kabel- oder Infrarotfernbedienungen, oder mit zentralen Gruppen- und Wochenfernsteuerungen. Die Regelung kann auch mit einem zentralen Windows-PC-System erfolgen, oder das KX-System wird an ein Standard-Gebäude-management-System angebunden. Damit ist sowohl für jeden einzelnen Raum eine individuelle Einstellung der Geräteparameter möglich, als auch eine Fernüberwachung, Energiekostenabrechnung und Steuerung und Überwachung von Zentralen aus realisierbar.

2. Vorteile von VRF Systemen

Die wirtschaftlichen und technischen Vorteile von VRF Systemen, d.h. von Direktverdampfungssystemen muss man im Vergleich zu Luft- oder Wassersystemen betrachten. Die wirtschaftlichen Gründe sind in dieser Tabelle deutlich zu erkennen. Der Systemwirkungsgrad von Wassersystemen liegt bei 75 %, von zentralen Lüftungsanlagen bei nur 45 %, der VRV Anlagen bei ca. 96 %. Damit ergibt sich für den Energieaufwand ein Plus von 53 % für Wassersysteme und ein Plus von 156 % für Luftsysteme gegenüber den energieeffizienten VRF Systemen.

Die technischen Argumente bestehen aus folgenden Vorteilen des VRF Systems:

Vorteile des KX Gas Systems

Vorteile in der Installation

Vorteile der Innengeräte

Vorteile der Regelung

Vorteile der Bedienung

3. Planung und Installation von KX Gas-Systemen

Bei der Planung von KX Gas Systemen müssen folgende notwendige Installationsmaßnahmen berücksichtigt werden:

- Kältemittelleitung
- Erdgasleitung zum Außengerät
- Kondensatleitung zu den Innengeräten
- Spannungsversorgung Außengerät (400 V)
- Spannungsversorgung Innengeräte (230 V)
- Signalleitungen zwischen Außen- und Innengeräte
- Signalleitungen zwischen Innengerät und Fernbedienung

Es ist wichtig, dass die Installation nur durch Fachfirmen vorgenommen wird. Beim Einbau der Geräte ist eine hohe Flexibilität vorhanden. Wichtig dabei ist die genaue Heiz- bzw. Kühllastberechnung zur Dimensionierung der einzelnen Gerätekomponenten.

4. Einsatzmöglichkeiten von KX Gas

Für Privathäuser ist der Einsatz von KX Gas nur sinnvoll, wenn ein Heiz- und ein Kühlbetrieb gefordert ist und Warmwasser separat hergestellt wird. KX Gas ist auf alle Fälle eine sinnvolle Alternative bei Gewerbebetrieben und Produktionshallen, wenn aufgrund von Produktionsabläufen im Sommer wie im Winter vorgegebene Temperaturen eingehalten werden müssen. Bei unserer Führung auf dem Stulz Gelände werden Sie eine Schulungsanlage sehen, die für die Kühlung und Beheizung einer Produktionshalle verwendet wird.

Ladengeschäfte: der heutige Kunde im Einzelhandel erwartet in vielen Fällen klimatisierte Ladengeschäfte, d.h. Kühlung im Sommer ist genauso selbstverständlich wie

Heizen im Winter, ein idealer Einsatz für KX Gas. Hotels sind prädestiniert für den Einsatz von KX Gas, da sowohl hohe Komfortanforderungen wie auch schnelles Aufheizen im Winter oder schnelles Abkühlen im Sommer von den Betreibern gefordert wird. Bürogebäude sind heute der Haupteinsatzmarkt für VRF Anlagen. Wir versprechen uns einen angemessenen Marktanteil für KX Gas, da auch moderne wärmedichte Gebäude sowohl Kühlung im Sommer wie Heizung im Winter erfordern.

Referenzen:

Installationsbeispiele Innengeräte

Installationsbeispiele KX Gas Außengeräte in Japan

5. Vertrieb von VRF Systemen

Die Vertriebsaufgabe, die vor uns liegt, bedeutet die Einführung eines neuen Klimasystems in Deutschland. Die Erfahrung in Japan mit Tausenden von Anlagen, aber auch die Erfahrung in Deutschland mit ausgewählten Pilotprojekten zeigen deutlich, dass KX Gas eine geeignete Alternative zu heutigen bestehenden Anlagen ist.

Die Zielgruppen für den Vertrieb von KX Gasanlagen habe ich bereits im letzten Kapitel aufgezeigt.

Die Vertriebsaufgabe ist daher klar gegliedert:

1. Gasversorger müssen auf den ihn zur Verfügung stehenden Wegen und Medien das Produkt bekannt machen und mit dem umweltfreundlichen Argument „Erdgas“ fördern. Die Zielgruppe für die Förderung sind Ingenieurbüros, Planer und Heizungsinstallateure.

2. Ingenieurbüros und Planer müssen ihrerseits Investoren und Bauherren überzeugen, dass mit Gasmotorwärmepumpen eine umweltfreundliche, effiziente und wirtschaftliche Klimatisierung, d.h. Heizen und Kühlen von Gebäuden möglich ist.

3. Die letztendliche Kaufentscheidung fällt häufig auf der Ebene des Installateurs. Stulz als Vertriebspartner von MHI hat die Vertriebsaufgabe sowohl Heizungs- wie auch Kälteinstallationsbetriebe zu informieren, zu beraten und zu schulen, so dass Anlagen fachgerecht gewartet und betrieben werden.

Es ist klar, dass nur mit einer gemeinsamen Anstrengung aller genannten Parteien eine erfolgreiche Vermarktung von gasbetriebenen Klimaanlagen möglich ist. Die Ausführungen haben deutlich gezeigt, dass es grundsätzlich sinnvoll ist, gasbetriebene Anlagen für die Klimatisierung von Gebäuden einzusetzen. Mit KX Gas bieten wir eine komplette Systemlösung an, die bereits zur Markteinführung eine außergewöhnliche Vielfalt von Innengeräten, Steuerungen und Regelungen bietet. Stulz kann zusammen mit seinen Partnern in Deutschland ein flächendeckendes Netzwerk anbieten, so dass der Einführung der umweltfreundlichen ganzjährigen Klimaanlage KX Gas nichts im Wege steht.

KX Gas

Die umweltfreundliche, ganzjährige Klimaanlage.

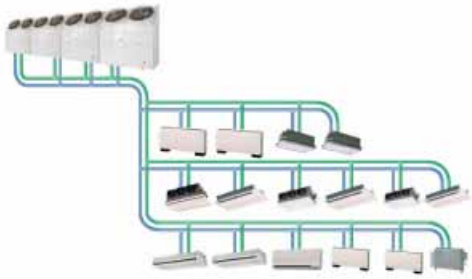
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

Gliederung

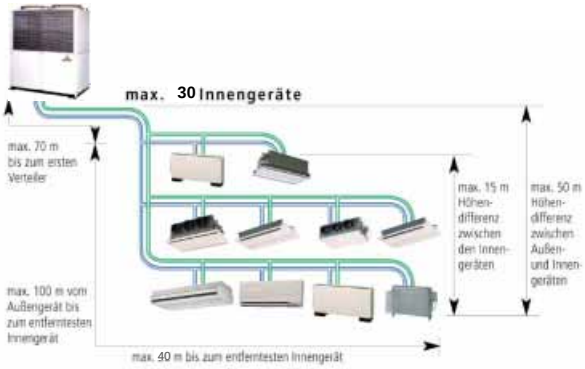
- VRF - Technologien und ihre Produkte
- Vorteil von VRF-Systemen
- Planung und Installation von KX Gas Systemen
- Einsatzmöglichkeiten von KX Gas
- Vertrieb von KX Gas Systemen

VRF-Systeme

KXB-System von MHI



KX Gas-System von MHI



Leistungen

Modell	GHCP 450 HMT	GHCP 560 HMT
Nennleistung		
Kühlleistung	45,0 kW	56,0 kW
Heizleistung	53,0 kW	67,0 kW
Leistungsregelung		
Regelbereich	4,8 – 123 %	3,9 – 121 %
Regelbereich Kühlen	2,2 – 55,4 kW	2,2 – 67,8 kW
Regelbereich Heizen	2,5 – 65,5 kW	2,6 – 81,1 kW

Neu 2004
Kälteleistung 35,5 kW
Heizleistung 42,5 kW
Alle Geräte auch mit Flüssiggas

DVGW-geprüft und CE-zertifiziert

CE 0085

DVGW

EG-Baumusterprüfbescheinigung

EC type examination certificate

CE-0085BN0431

Anwendungsbereich *field of application*	EG-Gasgeräterichtlinie (90/396/EWG) *EC Gas Appliance Directive (90/396/EEC)*
Zertifikatinhaber *owner of certificate*	Mitsubishi Heavy Industries Ltd. 3-1 Nishibiwajima-Cho, JP-452-856 Nishikasugai-Gun, Aichi
Modell *model*	GHCP...HMTE4
Bestimmungsländer *countries of destination*	AT, CZ, DE, DK, ES, FI, GB, IE, IT, PT, SE
Aktenzeichen *file number*	00-0435-GEE

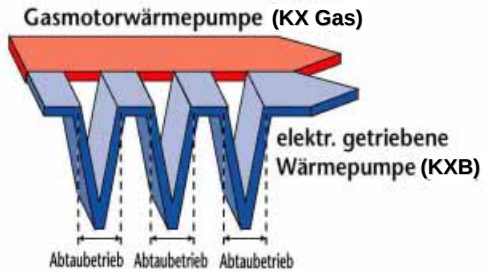
25 Jahre Gasmotorwärmepumpe in Japan

- Ursprünge gasmotorisch angetriebener Klimasysteme in Japan Ende der 70iger Jahre
- zunehmende Wachstumsraten elektrisch betriebener Klimaanlagen führte zu Engpässen in der Stromversorgung im Sommer
- drei führende japanische Gasversorger Tokyo Gas, Osaka Gas und Toho Gas gaben den Auftrag zur Entwicklung von gasmotorisch angetriebenen Klimageräten
- Vorgabe: möglichst geringe Stromaufnahme (1/10 der Nennkälteleistung)
- Marktreife und Verkaufsstart in Japan Mitte der 80iger Jahre
- da Erdgas im Sommer generell in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht, wurden Gasmotorwärmepumpen schnell als wirtschaftliche Alternative akzeptiert
- bis 1991 wurden in Japan bereits 30.000 Gasmotorwärmepumpen verkauft
- bis 2003 wurden rund 450.000 Geräte installiert

Elektrisch versus gasbetriebene Wärmepumpe

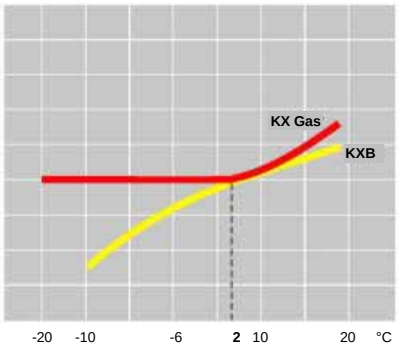
Keine zusätzliche Energie für den Abtauvorgang notwendig.

Kontinuierlicher Heizbetrieb ohne Unterbrechungen durch Abtauzyklen.



Elektrisch versus gasbetriebene Wärmepumpe

Kontinuierlicher Heizbetrieb mit 100% der Nennheizleistung bis –20°C.



KX - Innengeräte

Übersicht Innengeräte

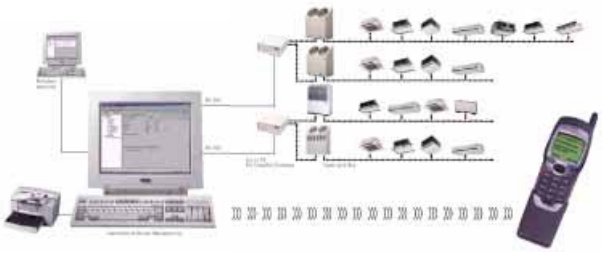
MODELL	22HKX	28HKX	36HKX	45HKX	56HKX	71HKX	90HKX	112HKX	140HKX	224HKX	280HKX
FDTJ	▦	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDTWJ	▦	☑	▦	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDTQJ	☑	☑	☑								
FDTSJ	☑	☑	☑	☑	▦	☑					
FDUMJ		▦	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDUJ										☑	☑
FDRJ	☑	☑	▦	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDEJ		▦	☑	☑	☑	☑	▦	☑	☑		
FDKJ	☑	☑	☑	☑	☑	☑					
FDFLJ	▦	☑	▦	☑	▦	☑					
FDFUJ	▦	☑	▦	☑	☑	☑					

KX - Fernbedienungen

KX - CompTrol

In-House und Fernüberwachung

Steuerung und Monitoring von bis zu 768 Innengeräten



KX - LON

Anbindung an Gebäudemanagement-Systeme
über ein Standard-LONWORKS-Protokoll.

Energieaufwand der Systeme (1)

	Wasser	Luft	VRF
System-wirkungsgrad	0,75	0,45	0,96
Energieaufwand (EPN-Index)	153 0,333kW/kW	256 0,556kW/kW	100 0,217kW/kW

(1) TNO-Rapport - R96/475, Holland

Vorteile des KX Gas Systems

- Heizen und Kühlen mit einem System durch reversiblen Kältekreislauf
- Luft-Luft-Wärmepumpe, für Heizprozess optimiert
- Monovalenter Heizbetrieb möglich
- Energiesparend durch gleitende Leistungsanpassung
- Hohe Redundanz für größere Systeme
- System modular erweiterbar

Vorteile der Installation

- Bedeutend kleinere Rohrdimensionen bei gleicher transportierter Leistung
- Geringere Montagekosten durch kleine Leitungsdimensionen
- Keine Wasserschäden möglich
- Keine Einfrierungsgefahr bei Frost, d.h. kein Glykol notwendig
- Kein Pufferspeicher notwendig
- für Heizungssystem kein Schornstein notwendig

Vorteile der Innengeräte

- Große Modellvielfalt
  (11 Modell bei 11 Leistungsstufen)
- Optimale Anpassung
  an bauliche Gegebenheiten möglich
- Nur kleine Wärmetauscherflächen notwendig,
  dadurch geringere Abmaße der Innengeräte
- Nur geringe Luftmengen erforderlich,
  dadurch niedrigere Geräusch-Emissionen

Vorteile der Regelung

- Schnelles Regelverhalten
- Hohe Regelgenauigkeit
  (elektronische Expansionsventile)
- Selbst-Diagnose-System,
  detaillierte Fehlercode-Anzeige
  für jedes Außen- und Innengerät
  (externe Betriebs- und Alarm-Meldung möglich)

Vorteile der Bedienung

- Hoher Bedienkomfort
- Individuelle Regelungsmöglichkeiten für jedes Innengerät
  (Kühlen, Heizen, Entfeuchten, Umluftbetrieb, Automatikbetrieb, Lüfterstufen, Deflektorautomatik, Echtzeit-Timer)
- Einzel- und Zentralfernbedienungen
- Externer Direkteingriff möglich
  (Fern-Ein/Aus, Not-Aus, Lastreduzierung, Lastabwurf)
- Externe Regelung über PC mit Windows-Software
  (Steuerung und Überwachung von bis zu 768 Innengeräten, individuelle Innengeräteprogrammierung, Sollwertschiebung, Nachtabsenkung, Außentemperaturenkompensation, Temperaturgrenzwerteinstellung, Tages-, Wochen- und Jahres-Zeitschaltprogramme, automatische Sommer-Winter-Umschaltung, Fehlererfassung und Fehlerweiterleitung durch Tel, Fax, SMS, E-Mail oder an externen Rechner, Energiekostenermittlung und Einzelraumabrechnung)

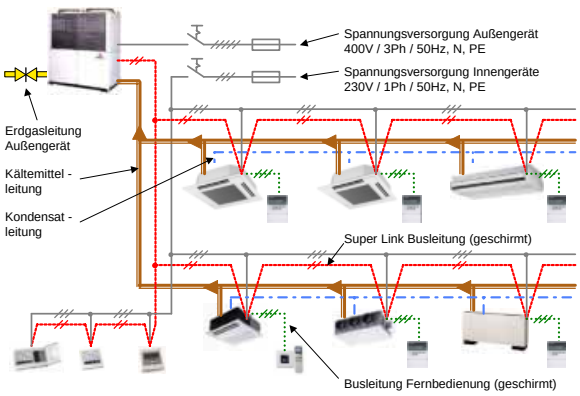
KX Gas System

Notwendige Installationsmaßnahmen:

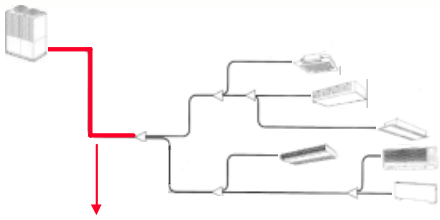
- Kältemittelleitung
- Erdgasleitung zum Außengerät
- Kondensatleitung zu den Innengeräten

- Spannungsversorgung Außengerät (400 V)
- Spannungsversorgung Innengeräte (230 V)
- Signalleitungen zwischen Außen- und Innengeräten
- Signalleitungen zwischen Innengerät und Fernbedienung

KX Gas System

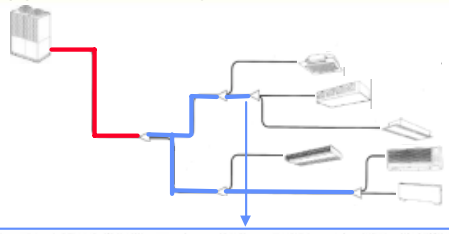


(1) Anschlussleitung Außengerät



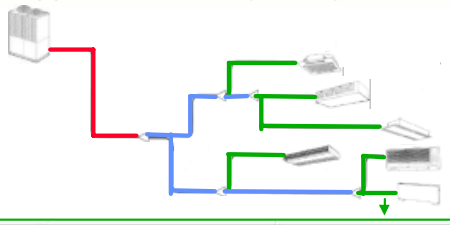
Modell	Flüssigkeitsleitung		Sauggasleitung	
	Leitungsquerschnitt	Anschlussquerschnitt	Leitungsquerschnitt	Anschlussquerschnitt
GHCP 450 HMT	Ø 16	Ø 15,88 (5/8")	Ø 35	Ø 34,92 (1 3/8")
GHCP 560 HMT	Ø 18	Ø 19,05 (3/4")	Ø 35	Ø 38,1 (1 1/2")

(2) Verteilerleitung und Verteiler-Sets



Anschlussleistung	Flüssigkeitsleitung		Sauggasleitung		Kältemittel-Verteiler-Set	
	metrisch	zöllig	metrisch	zöllig	metrisch	zöllig
unter 10 kW	Ø 10	Ø 9,52 (3/8")	Ø 16	Ø 15,88 (5/8")	DIS-2KX10-M	DIS-2KX10-E
10 bis 18 kW	Ø 10	Ø 9,52 (3/8")	Ø 18	Ø 19,05 (3/4")	DIS-2KX20-M	DIS-2KX20-E
18 bis 37 kW	Ø 12	Ø 12,7 (1/2")	Ø 28	Ø 28,58 (1 1/8")	DIS-2KX30-M	DIS-2KX30-E
37 bis 54 kW	Ø 16	Ø 15,88 (5/8")	Ø 35	Ø 38,1 (1 1/2")	DIS-2KX40-M	DIS-2KX40-E
über 54 kW	Ø 18	Ø 19,05 (3/4")	Ø 35	Ø 38,1 (1 1/2")	DIS-2KX40-M	DIS-2KX40-E

(3) Anschlussleitung Innengerät



Modell	Flüssigkeitsleitung		Sauggasleitung	
	Leitungsquerschnitt	Anschlussquerschnitt	Leitungsquerschnitt	Anschlussquerschnitt
FD... 22, 28, 36, 45 HKX	Ø 6	Ø 6,35 (1/4")	Ø 12	Ø 12,7 (1/2")
FD... 56, 71, 90 HKX	Ø 10	Ø 9,52 (3/8")	Ø 16	Ø 15,88 (5/8")
FD... 112, 140 HKX	Ø 10	Ø 9,52 (3/8")	Ø 18	Ø 19,05 (3/4")
FD... 224 HKX	Ø 12	Ø 12,7 (1/2")	Ø 28	Ø 25,4 (1")
FD... 280 HKX	Ø 16	Ø 15,88 (5/8")	Ø 28	Ø 28,58 (1 1/8")

Einsatzmöglichkeiten von KX Gas

- **Privathäuser**
- **Gewerbebetriebe, Produktionshallen**
- **Ladengeschäfte**
- **Hotels**
- **Bürogebäude**

Lösungen zum Heizen und Kühlen: Einsatzfälle am Beispiel

Gasmotorische Multisplitgeräte:
Einsatz in Verwaltung, Banken und Verkaufsräume
M. Becker, Fa. Berndt, Gelsdorf

Einleitung:

Es gibt viele Gründe, die für den Einsatz einer gasmotorisch betriebenen Wärmepumpe in Verwaltungen, Banken und Verkaufsräumen sprechen. Einer der wichtigsten ist hierbei der Kostenfaktor. Die Gaswärmepumpentechnik vereint beide Bedarfsfälle, das Heizen und das Kühlen. Somit ist auch Sorge dafür zu tragen, dass beide Funktionen in einem Installationssystem vereint werden können. Die Gaswärmepumpe stellt eine Technik dar, die monovalent den Wärme- bzw. Kältebedarf eines Gebäudes oder eines Teilbereiches decken kann. Es muss nicht mehr auf ein zweites redundantes System gebaut werden, um auch bei Zeiten extremer Witterungen ein behagliches Raumklima zu schaffen. Dabei stehen zwei Arten der Realisierung zur Auswahl.

1. Direktverdampfung bzw. Kondensation (VRF-System)
   FCKW-freies Kältemittel als Energieträger / Multisplitsystem

2. Wassergeführtes System
   Wasser als Energieträger

Mit diesen zwei Anlagenarten ist nahezu jeder Anwendungsfall realisierbar. Aufgrund der Vielzahl an einsetzbaren Innengeräten sind bei der Gestaltung kaum Grenzen gesetzt. Die Installation ist individuell an die betreffenden Räumlichkeiten anzupassen, somit lassen sich alle Anlagentypen realisieren.

Bedarfsermittlung:

Wie bei allen herkömmlichen Raumklimatisierungsverfahren, steht auch für den Einsatz der Gaswärmepumpe die Bedarfsermittlung am Anfang. Hierbei wird festgelegt, wie hoch der maximale Wärme- bzw. Kälteeintrag sein muss.
Um den unterschiedlichen Bedarfsfällen gerecht zu werden, bietet AISIN verschiedene Leistungsstufen, so dass sowohl Teil- als auch Komplettklimatisierungen effizient gestaltet werden können. Die Staffelung reicht hierbei von 14/18 KW über 28/33,5 KW bis hin zu 56/67 KW (Kühl-/Heizleistung). Größere Bedarfsfälle werden durch das Zusammenschalten mehrerer Geräteeinheiten realisiert. Die Gerätegesamtleistung nah an dem tatsächlichen Leistungsbedarf auszurichten, ermöglicht einen kostengünstigen Einsatz bei den unterschiedlichsten Leistungsanforderungen.
Bei der Rauminstallation spielen neben der zu erbringenden Leistung weitere Aspekte eine Rolle. Darunter fällt vor allem die Integrierbarkeit der Technik. Die Installation soll zum Raumbild passen.
Es ist darauf zu achten, dass der eventuell erforderliche Frischluftanteil zugeführt wird, wobei auch die Luftströmung keine unangenehmen Zustände verursachen soll.

Anwendungsfälle:

Für die verschiedenen Anwendungsfälle des Energieeintrags gibt es unterschiedliche Gerätetypen. Diese unterscheiden sich hauptsächlich in der Art und Weise wie sie sich in den Raum integrieren lassen. Neben der Verwendung von Multisplitgeräten, kann der Energieeintrag auch über wassergeführte Systeme erfolgen.
Beide Systeme haben ihre spezifischen Vorteile. Auf den Anwendungsfall hin projektiert, muss entschieden werden, welches System seine Anwendung findet.

Direktverdampfung /-kondensation

Gerade die Multisplitgeräte bieten in dieser Hinsicht eine erstaunliche Anzahl an Möglichkeiten. Sie unterscheiden sich durch Bauform, Einbauort und den durch sie erzeugten Luftströmungen. Sie lassen sich unterteilen in: Wand- und Unterdeckengeräte, Decken-Kassettengeräte, Zwischendeckengeräte und Truhengeräte. Die Entscheidung welches der Geräte zum Einsatz kommt, hängt in der Hauptsache von den räumlichen Gegebenheiten ab. Da die verschiedenen Gerätetypen untereinander kompatibel sind, ergeben sich viele Kombinationsmöglichkeiten, so dass jeder Raum optimal klimatisiert und beheizt werden kann. Die einfachste Form des Energieeintrags ist die Verwendung herkömmlicher Wand- und Unterdeckengeräte. Diese lassen sich mit sehr geringem Aufwand installieren und eignen sich besonders für die Nachrüstung von Räumen, die z.B. eine Zwischendeckeninstallation nicht erlauben. Auch die Truhengeräte eignen sich für diesen Anwendungsfall, lassen sich aber im Gegensatz zu den Wand- und Unterdeckengeräten leichter in das Raumbild integrieren, z.B. durch Verkleidungen.

Die besten Integrationsmöglichkeiten bieten die Decken-Kassettengeräte und die Zwischendeckengeräte, die sich nochmals in Form und Funktion voneinander unterscheiden. Bei den Decken-Kassettengeräten gibt es verschiedene Modelle, die sich je nach Bedarf einsetzen lassen. So gibt es das Kassettengerät in einer flachen Bauform für den Einbau in schmale Zwischendecken (z.B. bei niedriger Raumhöhe), oder als Eurorastermodell (zum Einbau in Rasterdecken), mit jeweils einem Luftauslass. Andere Varianten sind ein Modell mit zweiseitigem Luftaustritt, ein Modell mit vierseitigem Luftaustritt, sowie ein Modell zum Einbau in Lüftungskanäle.

Die Zwischendeckengeräte bieten zusätzlich auch die Möglichkeit der Kombination mit Bauteilen aus der Lüftungstechnik, wie z.B. verschiedenen Luftein-, bzw. Luftauslässen (Wandauslässe, Drallauslässe, Quellauslässe, Schlitzauslässe oder Gitterauslässe). Dies ermöglicht eine sehr individuelle Luftführung, wobei auf einen Frischluftanteil nicht verzichtet werden muss. Als besondere Finesse, bietet sich hierbei auch die Kombination mit Textilschläuchen an, welche die Flexibilität der Luftführung noch einmal erhöhen. Mit ihrer Hilfe lassen sich vor allem Räume mit großer Grundflächen mit einem geringem Installationsaufwand klimatisieren. Auch die Integration in das Raumbild gestaltet sich einfach und harmonisch. Im Kühlfall quillt die Kaltluft mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten durch das Gewebe nach außen. Im Heizfall tritt die Warmluft durch integrierte Düsen mit einem hohen Impuls nach außen.

Wassergeführte Systeme:

Durch den Einsatz der SKVP-Übergabestation, ist es möglich alle wassergeführten Heiz- und Kühlsysteme mit der Gaswärmepumpe zu betreiben.
Hierbei wird mittels einer Übergabestation Wasser im Temperaturbereich zw. +6 und +47°C bereitet, mit welchem die Wärmetauscher der Installation beaufschlagt werden.

Durch dieses System lassen sich alle bewährten wassergeführten Heiz- und Kühlsysteme betreiben. Auch eine Umrüstung bestehender Installationen ist denkbar. Lediglich die Vorlauftemperatur von max. 47 °C für den Heizfall ist zu berücksichtigen, was aber bei Flächenheizsystemen wie z.B. der Fußbodenheizung kein Problem darstellt. Möglich ist es auch, nur die Grundlastdeckung, über die ökonomisch sinnvolle Wärmepumpe zu betreiben.

Mit der SKVP-Übergabestation lassen sich alle Installationen mit Wasser als Energieträger realisieren. Sie können z.B. eine RLT-Anlage bestücken, dezentrale Klimatisierung realisieren, oder auch einen Baukern aktivieren. Das Beheizen und Kühlen mittels thermisch aktiven Raumflächen ist dabei ein aktuelles Thema. Über die großen Flächen lässt sich mit geringen Über- bzw. Untertemperaturen ein sehr behagliches Klima schaffen. Auch ist es möglich, eine Fußbodenheizung zu nutzen um eine Kühlung zu realisieren. Sogar in der Verfahrens- und Produktionstechnik sind keine Grenzen gesetzt, da in jedem Prozess bei dem Energie zugeführt oder abgefahren werden muss, der Einsatz der Gaswärmepumpe möglich ist. Dabei ist zu erwähnen, dass bei vielen Prozessen sowohl eine Beheizung, als auch eine Kühlung erforderlich ist. Es ist vorteilhaft darauf zu achten, dass sich die Systeme für beide Bedarfsfälle eignen. Dadurch reduzieren sich die Anlagenkosten drastisch, weil so nur eine Installation für beide Funktionen benötigt wird.

Flexibilität der Luftführung und Integration in das Raumbild, sind auch die Stichworte für den Einsatz in Verwaltungen, Banken und Verkaufsräumen. Es gibt die Möglichkeit über Flächen zu heizen und zu kühlen, oder man entscheidet sich für eine rein konvektive Lösung wie z.B. Deckenkonvektoren, Wandkonvektoren oder sogar hinterlüftete Schrankwände. Auch Kombinationen mit Textilschläuchen finden hier wieder große Anwendungsbereiche. Auch die Regelung kann individuell angepasst und mit allen auf dem Markt vertretenen Produkten eingesetzt werden.

Die hohe Variabilität der eingesetzten Systeme, eignet sich besonders zur Gestaltung großer Räume mit repräsentativem Charakter.

Einsatzmöglichkeiten:

- Thermisch aktive Raumflächen (zum Kühlen und Heizen)
- Verfahrenstechnik z.B. Kühlen und Heizen bei Prozessen
- Gewerblicher und privater Bereich zur Raumluftkonditionierung
- Versorgung von RLT-Anlagen
- Baukernaktivierung
- Universeller Einsatz bei Systemen mit Wasser als Wärme- bzw. Kälteträger
- Kostengünstige Alternative zu herkömmlichen Techniken

Weitere Vorteile sind:

- Vielseitig anwendbare Übertragungssysteme
- Individuelle Möglichkeiten der Regelung

Einsatz in Verwaltungen, Banken und Verkaufsräumen

Marcus Becker
Fa. Berndt

Vorteile der AISIN Gaswärmepumpentechnik

- Heizen und Kühlen mit einem System
- Monovalenter Einsatzbereich
- Systeme mit Direktverdampfung bzw. –kondensation (VRF)
- Systeme mit Wasser als Energieträger
- Kombinierte Systeme aus Direktverdampfung und Wasser
- Möglichkeit der Trinkwassererwärmung
- Stufenlose Leistungsregelung
- Geringer Energiebedarf

Anlagenkosten

Anlagenkosten reduzieren sich, da nur ein System zur Leistungsbereitstellung notwendig ist, sowohl für den Kühl-, als auch für den Heizfall.

Weiterer wichtiger Vorteil:

Traditionelle Trennung zw. Heiz- und Kühlkreislauf fällt weg. Nur *eine* Gebäudeinstallation!

Kostenersparnis auf beiden Seiten.

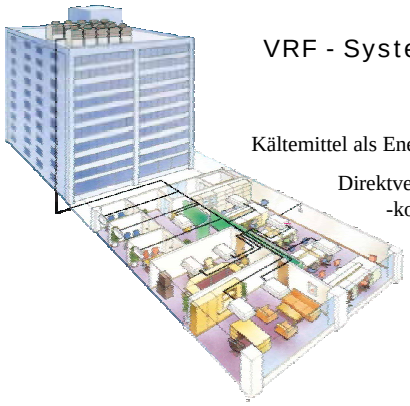
Auswahl der Gaswärmepumpe nach Wärmebedarf sowie Kühllast des Gebäudes

Modell	TGNP140	TGMP280	TGMP560
Heizleistung	18 KW	33,5 kW	67 kW
Kühlleistung	14 KW	28 kW	56 kW
Schalldruckpegel	52 dB	57 dB	58 dB
Betriebsgewicht	450 kg	560 kg	790 kg
Anschlussspannung	230 V (1Ph)	230 V (1Ph)	230 V (1Ph)
Gasverbrauch (Heizen)	13,8 kW	22,4 kW	46,8 kW
Gasverbrauch (Kühlen)	12,7 kW	24,5 kW	47,9 kW

Kriterien zur Auswahl der Installation

- Gebäudestruktur
- Raumgröße
- Nutzungsbedarf
- Bestand
- Optik

VRF - Systeme



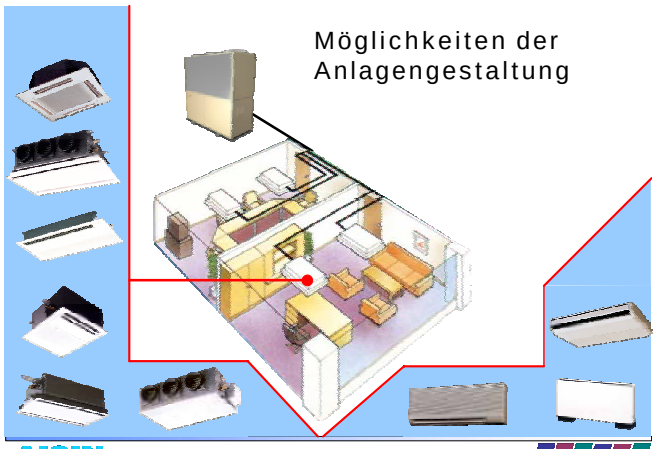
Kältemittel als Energieträger

Direktverdampfung bzw. -kondensation

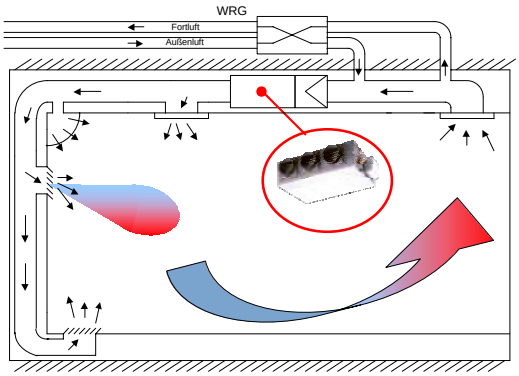
Einsatz Direktverdampfung /-kondensation

- Innengeräte in allen Bauformen
- Kleine Rohrdimensionen bei der Installation
- Einfache und schnelle Installation
- Leistungsfähige Regelung des Systems
- Keine zusätzlichen Pumpen notwendig
- Wärmeübergang: Konvektion

Möglichkeiten der Anlagengestaltung

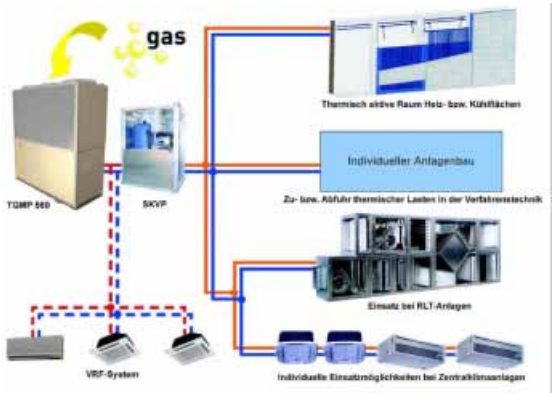


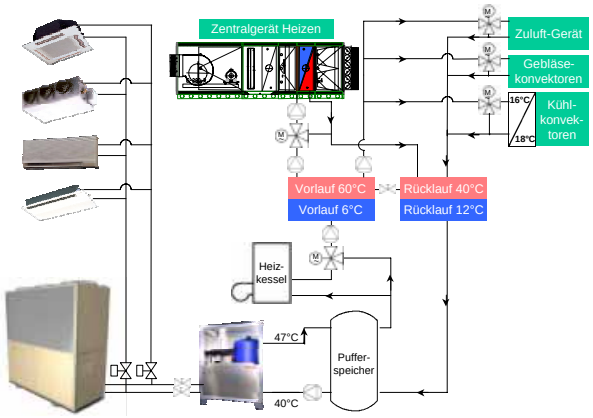
Individuelle Anlagengestaltung

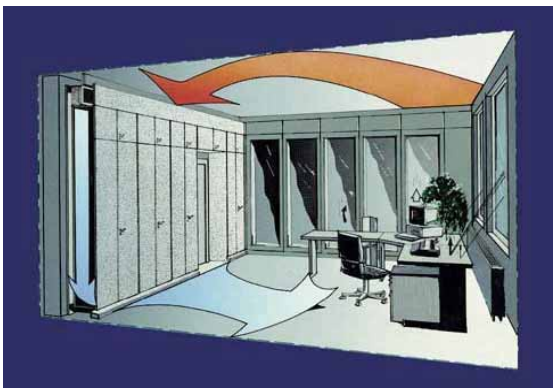


Einsatz hydraulisches System

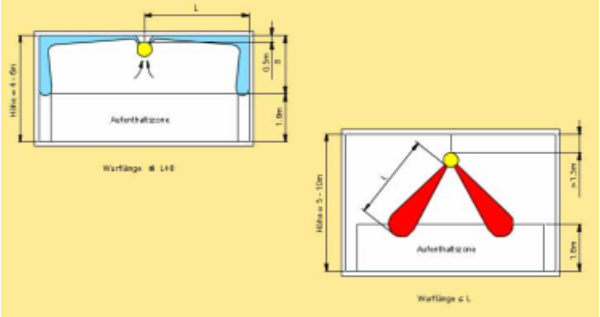
- Innengeräte in allen Bauformen
- Variabilität bei der Wahl der Innengeräte (Herstellerunabhängig)
- Individuelle Lösungen möglich
- Regelung kann universell angepasst werden
- Nutzung von statischen Heizflächen
- Wärmeübergang: Konvektion, aber auch Strahlung







Hinterlüftete Schrankwand



Textilschläuche – im Heiz- und Kühlfall

Bank mit Textilschläuchen

Büro mit Textilschläuchen

Verkaufsraum mit Textilschläuchen

Einsatz im Jugendzentrum Hohenweiden

Dr. H. Krause, MITGAS, Gröbers

Die AISIN Gaswärmepumpen-Testanlage im Jugendzentrum Hohenweiden

Das Projekt

Im November 2002 wurde die erste Gaswärmepumpe kleiner Leistung zur Klimatisierung eines Gebäudes in Deutschland durch die MITGAS Mitteldeutsche Gasversorgung in Betrieb genommen. Das Gerät GHP-TGMP 280(N-P) des japanischen Unternehmens AISIN wird im Rahmen eines Wärme- und Kältecontracting mit der Gemeinde Hohenweiden in der Nähe von Halle/Saale eingesetzt.
In dem Gebäude sind auf ca. 300 m² Fläche der Jugendklub und die Verkaufsstelle des Ortes untergebracht. Die Anlage besteht aus einer Außeneinheit mit einer Nennheizleistung von 33,5 kW und einer Nennkühlleistung von 28 kW sowie 6 Innengeräten unterschiedlichen Aufbaus. Mit der Gerätetechnik wird ein VRV-System realisiert.
Bei dem Projekt mit Gaswärmepumpen-Technik sollen neben der Versorgung des Gebäudes mit Wärme und Kälte Erkenntnisse zur Betriebsweise, zur energetischen Effizienz im mitteleuropäischen Klima und zur Sicherheit der Anlage gesammelt werden. Die wissenschaftliche Begleitung des Projektes wird durch die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig über den Zeitraum von reichlich einem Jahr vorgenommen.
Dabei sind zwei Bearbeitungsabschnitte vorgesehen. Im ersten Abschnitt bis April 2003
wurde

- das Messkonzept für die Anlage erstellt,
- die Messtechnik installiert,
- die stationären Betriebszustände erfasst,
- die Messdaten der Heizperiode ausgewertet und
- Vorschläge zur Optimierung der Messungen sowie zur Abrechnung von Wärmemengen gemacht.

Im zweiten Zeitraum von Mai bis ca. Dezember 2003 wird
die Kühlleistung erfasst,
die Messungen optimiert und
die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der Anlage über 1 Jahr ermittelt.

Die Anlage

Die Gesamtanlage besteht aus einer Außeneinheit mit Gasmotor und Verdichter sowie mehreren Inneneinheiten, die neben einem Wärmeübertrager zur Verdampfung und Kondensation über elektronisch gesteuerte Entspannungsventile verfügen (Bild 1).
In der Außeneinheit wird die Anlage durch Stellen eines 4-Wege-Umschaltventils vom Heiz- in den Kühlbetrieb geschaltet.

Der Heizbetrieb

Das Funktionsschema der Außeneinheit für den Heizbetrieb wird in Bild 2 prinzipiell dargestellt. Das Abgas des Gasmotors wird einem Abgaswärmetauscher zur Überhitzung des Kältemitteldampfes zugeführt. Der überhitzte Kältemitteldampf (1) wird im gasmotorisch angetriebenen Verdichter isentrop komprimiert (2) und dann über die sogenannte Heißgasleitung zu den Innengeräten verteilt. Im Kondensator der Inneneinheit gibt der Kältemitteldampf Wärme an die Raumluft ab und kondensiert vollständig aus. Das unterkühlte Kältemittelkonzentrat (3) wird anschließend in elektronisch gesteuerten Ventilen entspannt. Das entspannte Kältemittel liegt als unterkühltes Kondensat bzw. als Kältemittelnassdampf vor (4).

Nach der Entspannung wird das Kältemittel von den Innengeräten über die sogenannte Kondensatleitung wieder zur Außeneinheit geführt und gelangt dort in den Verdampfer, einen außenluftumströmten Wärmeübertrager. Das Kältemittel verdampft hier unter Aufnahme von Wärme aus der Umgebungsluft (5).
Der dem eigentlichen Verdampfer nachgeschaltete Abgaswärmeübertrager sorgt dafür, dass selbst bei Umgebungslufttemperaturen deutlich unter 0° C eine vollständige Verdampfung bzw. eine Überhitzung des Kältemittels erreicht wird. Konventionelle elektrisch betriebene Außenluft- Wärmepumpen können dagegen nur bis zu Temperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt arbeiten.

Der Kühlbetrieb

Nach Umschalten auf den Kühlbetrieb kehrt sich die Strömungsrichtung in den Kondensat- und Heißgasleitungen zu den Innengeräten sowie den Wärmeübertragern um. Der Wärmeübertrager in der Inneneinheit fungiert nun als Verdampfer, der Wärmeübertrager der Außeneinheit als Kondensator. Der Abgaswärmeübertrager wird während des Kühlbetriebes nicht vom Kältemittel durchströmt (Bild 3).

Die messtechnische Untersuchung

Das Messkonzept geht zum einen von der Festlegung von Messstellen für die energetische Bewertung des Wärmepumpenprozesses aus und zum anderen vom Einsatz von Sensoren, die für die Einschätzung der Betriebsweise hinsichtlich Zuverlässigkeit, Regelbarkeit und Komfort erforderlich sind.
Zur Erfassung der energetischen Effizienz sind die erzeugten Wärmemengen und die Verdichterantriebsleistung zu ermitteln. Dazu sind über Druck und Temperaturmessung die erforderlichen Zustandspunkte des Kältemittelkreisprozesses in der Dampf- und Kondensatleitung als auch der jeweils zugehörige Kältemittelmassenstrom zu bestimmen.
Die Messung des Massestromes stellt aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung des Kältemittels ein großes Problem dar. Da sich das Kältemittel in der Nähe des Phasenübergangs befindet bzw. zweiphasig vorliegt, unterliegen die Messwerte vergleichsweise hohen Schwankungen. Als Alternative zu den extrem aufwendigen Coriolis-Massestrommessgeräten wurden für den vorliegenden Fall Schwebekörpermesseinrichtungen gewählt, die in der Kondensatleitung installiert wurden. Dabei wurde entsprechend der Angaben des Herstellers bzw. Errichters davon ausgegan-

gen, dass sich in der Kondensatleitung im Zufluss zum Verdampfer stets unterkühltes Kältemittelkondensat befindet.
Bei der Untersuchung zur Betriebsweise der Anlage ist es Ziel festzustellen, ob die GHP in der Lage ist, das zu klimatisierende Gebäude ganzjährig monovalent mit Energie zu versorgen. Dabei muss auch davon ausgegangen werden, dass die Temperatur der primären Energiequelle Außenluft einen starken Einfluss auf die energetische Effizienz hat. Bei niedrigen Temperaturen geht es um eine ausreichende und dynamische Beheizung der angeschlossenen Räume. Entsprechend wird neben der Außenlufttemperatur auch die Temperatur am Austritt des Ventilators der Außeneinheit erfasst. Das Bild 4 stellt die Messstellen am Außengerät dar. Zusätzlich werden in den Innenräumen die Temperaturen erfasst.
Zur Messung der Kältemittelmassenströme wurden zwei Edelstahl-Schwebekörpermessgeräte der Fa. Krohne eingesetzt. Da die Kondensatleitung je nach Betriebsart in wechselnder Richtung durchströmt wird, die Messgeräte aber nur eine Strömungsrichtung zulassen, mussten zwei Geräte in Parallelschaltung installiert werden.

Die vorläufigen Untersuchungsergebnisse

Im Verlauf der Heizperiode konnten keinerlei Einschränkungen in der Wärmeversorgung des Gebäudes festgestellt werden. Trotz niedriger Außentemperaturen und der relativ schlechten Bausubstanz des Gebäudes konnten die Räume ausreichend stabil beheizt werden. Die Nutzung der Motorabgase im nachgeschalteten Wärmeübertrager sorgt dafür, dass die Anlage auch bei Temperaturen weit unter 0°C ausreichend Wärme bereitgestellt hat. Die Aufzeichnung der Kältemittel-Heißgastemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur zeigt deutlich (Bild 5), dass kein Abfall der Kältemitteltemperatur zu verzeichnen war. Konventionelle elektrisch betriebene Anlagen würden ohne Defrostereinrichtung lediglich bis zu Temperaturen von -4°C bis -5°C arbeiten.

Auf wechselnde Wärmeanforderungen reagiert das Gerät nicht durch einfaches Takten, sondern zunächst durch eine Anpassung der Verdichterdrehzahl und damit des Fördermassestromes. Am Ende der Nachtabsenkung der Verkaufsstellenraumtemperatur wurde z.B. die Temperaturdifferenz von 5°C durch Erhöhung der Verdichterleistung von 50 auf 100% in ca. 10 Minuten wieder ausgeglichen.
Durch die Möglichkeit der einzelnen Zu- und Abschaltung der beiden Verdichter und der Variation der Drehzahl von 2100 bis 4800 U/min ergibt sich rein rechnerisch eine Modulation von 20 bis 100%. Auf schwankende Wärmeanforderungen kann durch schnelle Anpassung der Erzeugerleistung reagiert werden. Es ergibt sich ein praktischer Modulationsbereich von 35 bis 100%.
Die Berechnungen der energetischen Kenndaten basieren hauptsächlich auf Messwerten, die im Januar und Februar 2003 erfasst wurden.

Für die GHP-Leistungszahl COP gilt im Heizfall:

$$COP_{GHP} = Q_{GHP} / Q_{GAS,GHP}$$

Es ergibt sich ein mittlerer Wert von:

$$COP_{GHP} = 1{,}40$$

Unter Berücksichtigung der benötigten elektrischen Leistung im Heizbetrieb von 0,95 kW (Herstellerangabe) ergibt sich eine reale Leistungszahl von:

$$COP_{GHP,real} = Q_{GHP} / (Q_{GAS,GHP} + W_{elt})$$

$$COP_{GHP,real} = 1{,}35$$

Dieser Wert deckt sich annähernd mit den Herstellerangaben und ist zum Vergleich mit elektrisch betriebenen Wärmepumpen noch mit dem Primärenergiefaktor (ca. 3) zu multiplizieren. Damit liegt die GHP primärenergetisch betrachtet deutlich besser als herkömmliche Luft / Wasser Wärmepumpen in diesem Arbeitsbereich.

Inzwischen wurde eine erste Auswertung der sommerlichen Raumkühlung, insbesondere im Jugendklub vorgenommen. Hier herrschten aufgrund der Nutzung und der relativ hohen Außentemperaturen in diesem Jahr besondere Anforderungen an die Technik.

Bild 6 zeigt, dass die GHP- Anlage durchschnittlich nur zu 15 % auch bei Außentemperaturen bis zu 34 °C ausgelastet war. Der messtechnisch ermittelte COP für die Kälteleistung liegt bei 0,951 (realer Wert 0,941) und damit im Vergleich zu herkömmlichen Kompressionswärmepumpen günstig.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die seit November 2002 störungsfrei arbeitende Anlage die Erwartungen für den Heiz- und Kühlfall bisher voll erfüllt hat.

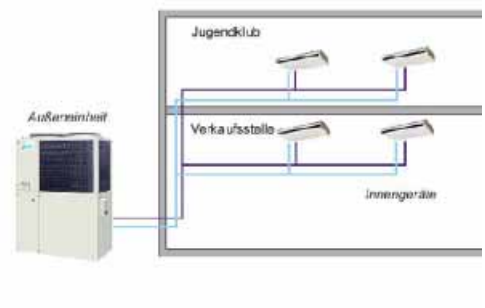


Bild 1: GHP-Testanlage in Hohenweiden, prinzipieller Aufbau

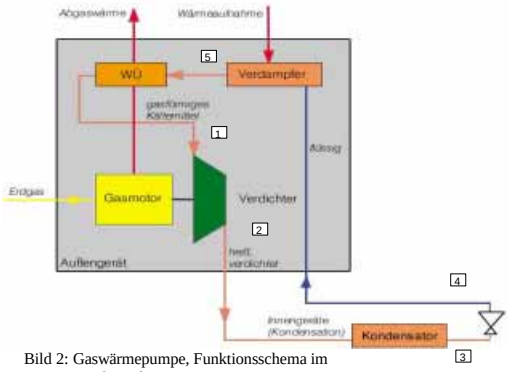


Bild 2: Gaswärmepumpe, Funktionsschema im Heizbetrieb

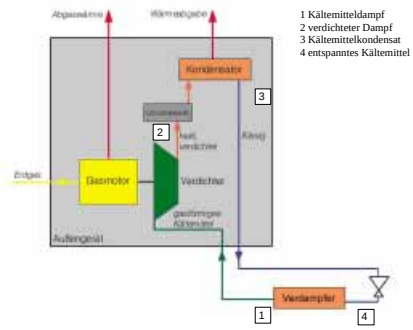


Bild 3: Gaswärmepumpe, Funktionsschema im Kühlbetrieb

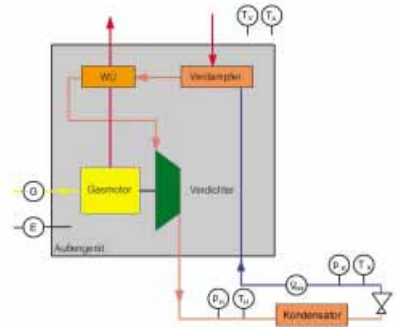


Bild 4: Messstellen am Außengerät

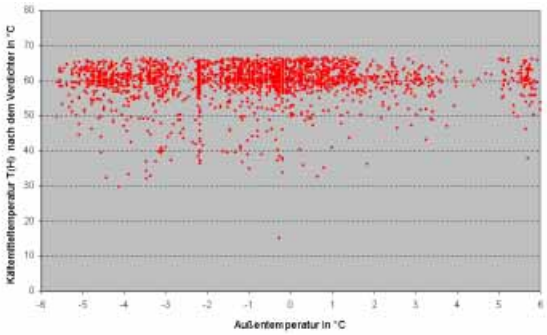


Bild 5: Zusammenhang zwischen Außentemperatur und Kältemittel-Heißgastemperatur am Verdichteraustritt

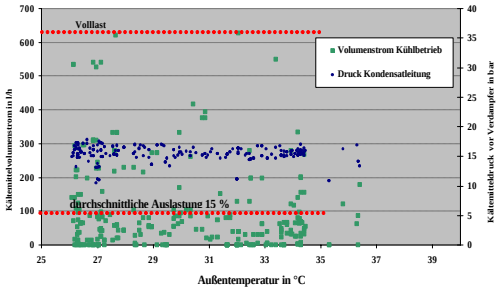


Bild 6: Auslastung der GHP-Versuchsanlage im sommerlichen Kühlbetrieb

Gasabsorptionsgeräte:
Gasabsorptionswärmepumpen im Kommuntkationszentrum Fulda
K. Moll, Gas- und Wasserversorgung Fulda GmbH

Text und Folien lagen zu Redaktionsschluss noch nicht vor.

Neue Gasabsorptionswärmepumpen
S. Scepanovic, Robur, Italien

Neue Gasabsorptionswärmepumpen

S. Ščepanovic, Robur, Italien

Anforderungen

Die konstante Entwicklung und Implementierung energieeinsparender Normen in der Gebäude- und Installationstechnik, sowie die Verschärfung der neuen Normen im Umweltbereich, veranlasst die Fachleute immer öfter nach neuen Produkten und Technologien zu suchen, die sowohl den Normen entsprechen als auch den Kunden einen praktischen und ökonomischen Vorteil bieten.

Das löste in letzter Zeit eine sehr große Nachfrage nach neuen Produkten aus. Sie drängen auf neue Märkte, die es, vor den letzten Normenänderungen, in dieser Form noch nicht gab. Unter anderem haben die Hersteller der Gasabsorptionswärmepumpen jetzt eine gute Gelegenheit, ihre Produkte weltweit zu präsentieren und von deren Vorteilen zu profitieren. Diese Entwicklung sollte eine Herausforderung für die Vermarktung der Technologie sein.

Die neue Robur Gasabsorptionswärmepumpe W der Serie GAHP, die mit Erd- oder Flüssiggas betrieben wird, ist ein wassergekühltes Modul, das als hocheffizientes Heizungsmodul projektiert wurde.

Funktionsprinzip und Ausführungen

Die Robur W Gasabsorptionswärmepumpe enthält zwei voneinander unabhängige, getrennte Kreisläufe:

- Verdampfer mit niedrigem Temperaturniveau
- Kondensator mit hohem Temperaturniveau

Die Robur W absorbiert die Wärme aus einer Energiequelle bei niedrigem Temperaturniveau (Wasser, Luft, Erdwärme) und erzeugt Warmwasser bis zu einer Temperatur von +65 °C.

Die Robur W ist in zwei Ausführungen verfügbar:

- **Wasser / Wasser** Absorptionswärmepumpe: Nützt als Energiequelle die Wärme von Brunnen- oder Oberflächenwasser;
- **Sole / Wasser** Absorptionswärmepumpe: Nützt als Energiequelle die im Erdreich gespeicherte, natürliche Wärme.

Die Robur W Gasabsorptionswärmepumpe mit Erdwärmesonden

Über Erdwärmesonden ermittelt der Robur W Absorptionskessel die unter der Erdoberfläche liegende Wärme und nutzt diese für Heizung und Sanitärwassererzeugung.
Durch die Umkehr des Wasserkreislaufes kann der Robur W Absorptionskessel im Sommer als Kaltwassersatz .zur Klimatisierung und eventuell zur gleichzeitigen Sanitärwassererzeugung eingesetzt werden.
Wird im Kühlfall zuviel Wärme erzeugt so wird die überflüssige Energie an das Erdreich abgegeben. Diese gespeicherte Energie kann im Winter wieder genutzt wird.

Die Robur W Gasabsorptionswärmepumpe in Oberflächen/Grundwasser- Ausführung

Aus einem Förderbrunnen wird Grundwasser entnommen. Im Robur W Absorptionskessel wird dieses Grundwasser um ca. 5 °C abgekühlt und ihm dabei Wärme entzogen. Anschließend wird das absolut saubere Wasser, einem Trinkbrunnen zurückgeführt.

Anhand von Installationsbeispielen in Holland und Italien werden die Neuheiten und Vorteile dieses Systems vorgestellt.

Das 2-Mega-Watt Projekt in Haarlem, Holland

Das 2MW Projekt ist ein seltenes Beispiel für Wohnungsbau, bei dem nachhaltige Energietechniken zum ersten Mal in einem solchen Umfang eingesetzt wurden. Die Gemeindverwaltung hat in den Umbau der Heizungssysteme für 382 bereits vorhandene Wohnungen investiert.
Das Heizungssystem besteht aus:

1. Sonnenkollektoren
2. Wasserspeichern
3. Brauchwasserkreislauf
4. Raumheizungskreislauf
5. Brennwertkessel
6. Grundwasser-Wärmespeicher
7. Wärmetauscher
8. Robur Gasabsorptionswärmepumpe W.

Alle vorgenannten Systeme sind bereits bekannt und wurden schon oft installiert.
Neu ist jedoch die Kombination dieser Systeme im 2-MW-Projekt.
Durch die Umbaumaßnahmen wurden alle Wohnungen thermisch gedämmt. Der Wärmekoeffizient der Außenwände entspricht den neuen holländischen Normen.

Die Nutzung der Grundwasserenergie ist besonders interessant. Im Sommer wird im Warmbrunnen der thermische Überschuss gespeichert, der dann im Winter genutzt wird.

Vor der Renovierung verbrauchte jede Wohnung etwa 1.930 m^3 Erdgas pro Jahr für Heizung und Warmwasser. Durch die neue Dämmung wurde der Gasverbrauch auf

1.020 m^3 Erdgas pro Jahr gesenkt. Durch das 2-Megawatt-Projekt wurde dieser Wert schließlich auf 525 m^3 pro Wohnung pro Jahr reduziert. .

Seit 2002 wurden in Haarlem 16 Robur W Einheiten installiert - jede mit 150% GUE. Auf den Grafiken ist der hydraulische Kreislauf und Fotos der Anlage zu sehen.

Feriendorf Pra delle Torri und Hotel Villa Magnolia, Italien

Das Feriendorf Pra delle Torri in Caorle und das Hotel Villa Magnolia in Torbole sind die typischen Installationen, bei denen die Vorteile der Gasabsorptionswärmepumpen zur Anwendung kamen. Beide Einrichtungen benötigen ein einfaches System zur Heizung im Winter und Kühlung im Sommer, sowie zur Aufbereitung von Warmwasser für Sanitärbereich und Schwimmbad.

Hierzu wurden Gaswärmepumpen W. installiert. Auf den Grafiken ist der hydraulische Kreislauf im Sommer- und Winterbetrieb abgebildet sowie ein Foto der Anlage.

Vorteile der Wasser-Ammoniak-Gasabsorptionswärmepumpe W

- Effizienz – G.U.E. nach der EN 12309-2 Version W10/50; im Juli 2003 von TNO Holland (Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschppelijk onderzoek) getestet.
- Für die bestehende Heizleistung braucht Robur W eine kürzere Erdsonde im Vergleich zu kompressorbetriebenen Wärmepumpen (und somit kleinere Wasserpumpen).
- Wasser-Ammoniak Einheit: Ökologisch vorteilhafter bei schwierigem Einsatz.
- Maximale Wassereintrittstemperatur + 45° C (elektrisch max. + 20 ^{o} C).
- Mehrfache Anwendungen: Heizen- und Kühlen
- Einphasige Einheit – 230 V / 50 Hz
- Seit über 40 Jahren weltweite Referenzen im Bereich Gasabsorption. Alleine in Deutschland wurden in den letzten 10 Jahren über 700 Robur Einheiten installiert.

Neue Serie GAHP Robur

- GAHP AR
- ergasbetriebene, reversible Absorptionswärmepumpe (Luft/Wasser mit Inverter)
- GAHP A
- Gasabsorptionskessel, luftgekühlt
- GAHP HR
- Gasabsorptions-Kaltwassersatz mit Wärmerückgewinnung

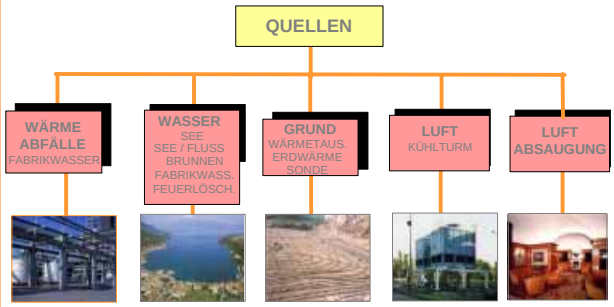
ROBUR

NEUE GASABSORPTIONSWÄRMEPUMPE

GAHP-W

GASABSORPTIONS-
KESSEL – KALTWASSERSATZ
WASSER - WASSER
Gleichzeitige Kühlung und Heizung

GAHP-W GASABSORPTIONSKESSEL – KALTWASSERSATZ
WASSER/WASSER- Gleichzeitige Kühlung und Heizung

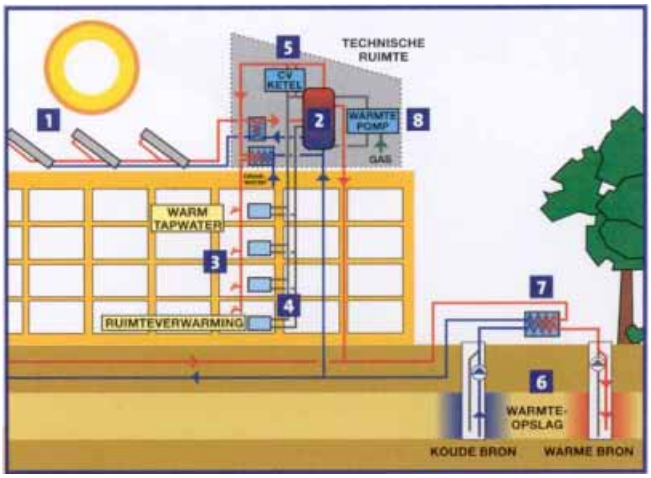


GAHP-W GASABSORPTIONSKESSEL – KALTWASSERSATZ
WASSER/WASSER- Gleichzeitige Kühlung und Heizung

BEISPIEL
NUR HEIZUNG MIT ERDSONDE

GAHP-W GASABSORPTIONSKESSEL – KALTWASSERSATZ
WASSER/WASSER- Gleichzeitige Kühlung und Heizung

BEISPIEL
HEIZUNG ODER KÜHLUNG
MIT OBER/GRUNDWASSER

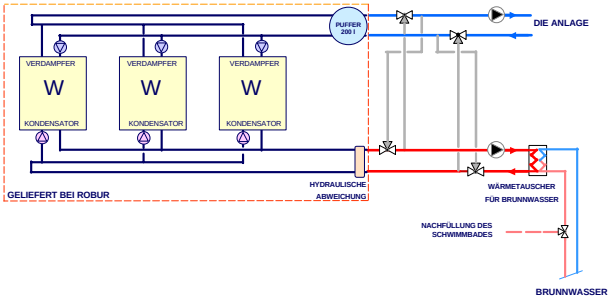


Feriendorf PRA DELLE TORRI, CAORLE, VENEDIG

N. 3 GAHP–W (108 kWt)

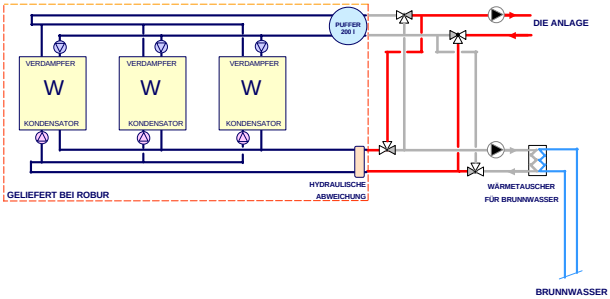
Feriendorf PRA DELLE TORRI, CAORLE, VENEDIG

SOMMERBETRIEB



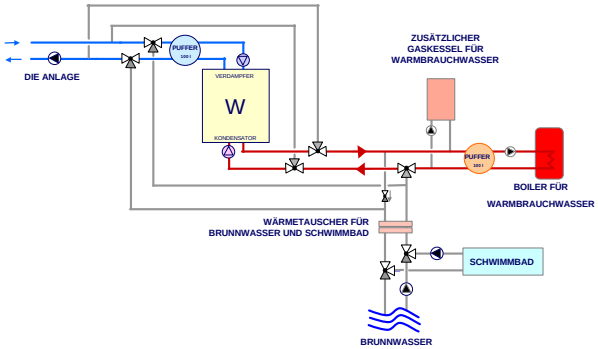
Feriendorf PRA DELLE TORRI, CAORLE, VENEDIG

WINTERBETRIEB



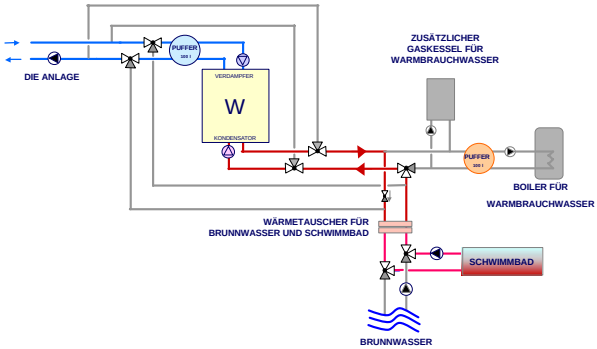
Hotel VILLA MAGNOLIA, TORBOLE, TRENTO

SOMMERBETRIEB



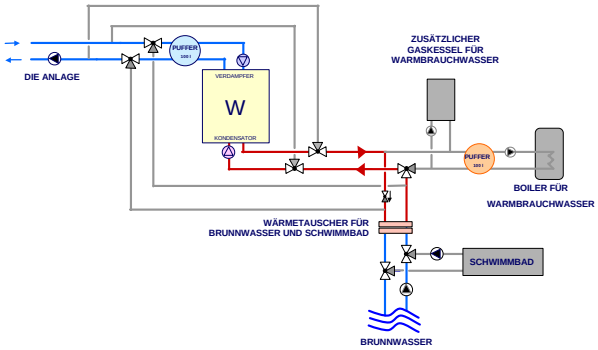
Hotel VILLA MAGNOLIA, TORBOLE, TRENTO

SOMMERBETRIEB



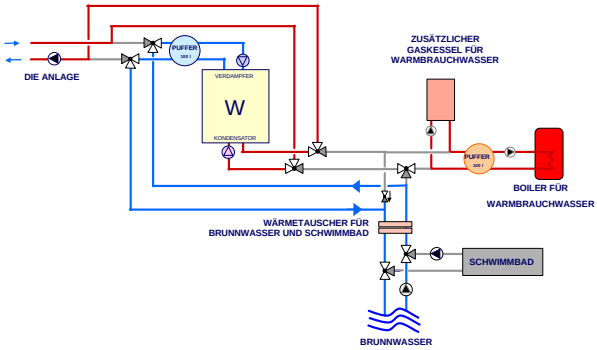
Hotel VILLA MAGNOLIA, TORBOLE, TRENTO

SOMMERBETRIEB



Hotel VILLA MAGNOLIA, TORBOLE, TRENTO

WINTERBETRIEB



GAHP-W

GASABSORPTIONSKESSEL – KALTWASSERSATZ WASSER/WASSER- Gleichzeitige Kühlung und Heizung

TNO Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschppelijk onderzoek
Testresultaten Juli 2003

Testbedienungen	W10/W50	W10/W35	W15/W50
?T Kondensator [K]	9,20	10,27	9,76
Heizleistung am Kondensator [kW]	38,17	41,66	40,47
G.U.E. bei Heizung [-] Gas Utilization Efficiency	1,48	1,62	1,18

AOBUA

NEUE GAHP SERIE

GAHP AR
Erdgasbetriebene reversible Absorptionswärmepumpe (Luft/Wasser mit Inverter)

GAHP A
Gasabsorptionskessel luftgekühlt

GAHP HR
Gasabsorptionskaltwassersatz mit Wärmerückgewinnung

Einsatz in der Industrie aus Sicht des Planers
A. Hölzlein, Bamberg

Es liegen ausschließlich Bilder vor.

Begrüßung Vorstellung

Dipl. Ing. (FH) Arno Hölzlein

Firmensitz

Dipl. Ing. (FH) A. Hölzlein
Ingenieurbüro
Pödeldorfer Str. 146
96050 Bamberg

ALPHA FM GmbH
Pödeldorfer Str. 146
96050 Bamberg

Hölzlein Ingenieure GmbH
Ingenieurbüro
Fleischergasse 1
07546 Gera

Unternehmensgruppe

Unternehmensgruppe

Ingenieurbüro Hölzlein	Hölzlein Ingenieure GmbH	ALPHA FM GmbH
Technische Gebäudeausrüstung	Technische Gebäudeausrüstung / Bau	Facility Management Consulting
• Heizungstechnik • Lüftung • Kältetechnik • Sanitärtechnik • Elektrotechnik • Gebäudeleittechnik • Förderanlagen • Schwimmbadtechnik • Flucht- und Rettungsweg-planung • Brandschutz	• Heizungstechnik • Lüftung • Kältetechnik • Sanitärtechnik • Bautechnik • Bestandsdatenerfassung • Bauleitung • GU - Controlling	• Organisationsberatung • Ausschreibung GM • Controlling GM • Dokumentation • Kostenrechung • IT – Beratung • Technisches Vertragsmanagement • BOT / Contracting • Planer – Review • Kommunales FM

Absorptions-Kältemaschine “Einsatz in der Industrie”

Einsatzort - Auftraggeber

Maschinenbaubetrieb für die Bearbeitung von Komponenten großer Maschinen durch Zerspanung.

Vorgaben

- Teilklimaanlagen für drei Werkhallen
- Konstanthalten der Raumtemperatur über das ganze Jahr, maximale Abweichung im Tagesverlauf ± 1 K
- Konstante Temperatur über die komplette Hallenhöhe und Hallenlänge, so dass bei Werkstücken bis 4 m Höhe die Temperatur und somit die Maßhaltigkeit sowohl unten als auch oben die gleiche ist.

Gegebenheiten Elektroanschluss

Der Elektroanschluss ist durch die Expansion des Betriebes in den letzten Jahren voll ausgelastet.

Der Anschluss eines elektrisch betriebenen Verdichter-Kälteerzeugers würde eine Verstärkung des Mittelspannungs-Hausanschlusses erforderlich machen.

Der Anschluss der Verdichter-Kältemaschine würde sich voll auf den Leistungspreis auswirken.

Gegebenheiten Gasanschluss

Ein Gasanschluss ist vorhanden und wird zur Zeit, bis auf eine Plasmaschneideanlage, nur im Winter zur Gebäudeheizung genutzt.

Bei Betrieb des Absorptions-Kälteerzeugers wird der Leistungspreis, der bereits durch die Gebäudeheizung bestimmt ist, nicht erhöht.

Ausführung

1. Bauabschnitt
Halle mit Teilklimaanlage, Länge 70 m, Breite 23 m, Höhe 9 m

Kälteerzeugung

1 Absorptions-Kältemaschine Fabrikat York, Typ YMPC-F10EX

Kälteleistung
352 kW

Brennstoffbedarf
311 kW

Abwärme
637 kW

gasbeheizt
Erdgas
50 mbar

Option Wärmeerzeugung

Heizen und Kühlen nicht gleichzeitig möglich, nur alternativ

Technische Daten Heizung

max. Heizleistung	=	286 kW
Gaseinsatz	=	320 kW
Wirkungsgrad	=	90 %
Auslegungstemperatur	=	60°/55°C

Kaminanschluss

Abgastemperatur
180°C - 220°C

Rückkühlwerk

Die Wärmeabfuhr erfolgt über einen Kühlturm, der für den Endausbau von drei Kälte-maschinen ausgelegt ist.

Kühlwasserpumpen

Zwischenbehälter Kühlwasser

Klimakaltwasser - Pufferspeicher und Verteiler

lange Laufzeit Kältemaschine

*

5 m³ Pufferspeicher

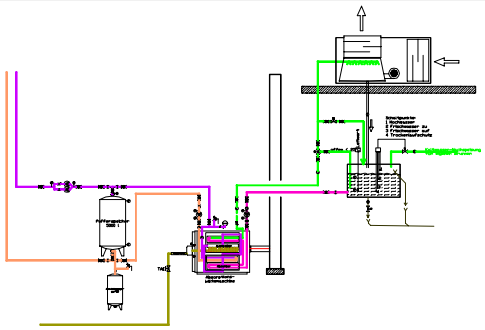
*

Klimakalt-wasser

Auslegungs-temperatur

7°/13°C

Hydraulikschema



Wirtschaftlichkeit

Betriebskosten - Energiekosten

	Absorptionsmaschine	Verdichtermaschine
Kälteleistung	**352 kW**	**352 kW**
Heizleistung Hu Gas	311 kW	-
el. Leistungsaufnahme	4,03 kW	85 kW
bei 600 Volllaststunden		
Gasverbrauch/a	205 MWh	-
Stromverbrauch/a	2,42 MWh	51 MWh
Leistungspreiser-höhung elektrisch	**291,61 ?**	**6150,60 ?**
Arbeitspreis elektrisch einschl. gesetzl. Abgaben	**124,87 ?**	**2631,60 ?**
Leistungspreis Gas	**-**	**-**
Arbeitspreis Gas einschl. gesetzl. Abgaben	**5561,65 ?**	**-**
? Energiekosten	**5978,13 ?**	**8782,20 ?**
Differenz	**2804,07 ?**	

Wartung

	Absorptionsmaschine	Verdichtermaschine
Grundwartungskosten Bei beiden Maschinen etwa gleich.	**1000,00 ?**	**1000,00 ?**
Analyse Lithiumbromid	**1150,00 ?**	
Korrektur Lithiumbromid ca. nach 2 Jahren	**500,00 ?**	
Ölwechsel ca. nach 2 - 3 Jahren		**500,00 ?**
? Energiekosten	**2650,00 ?**	**1500,00 ?**
Differenz	**1150,00 ?**	

Zusätzliche Kosten Verschleißteile Verdichtermaschine:

Ventileinstellung, Ventilsitze, Zylinderbüchsen usw.

Wartung

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Liste der verfügbaren Geräte

Gasmotorische Wärmepumpen

				Tel.:		Kältel.: [kW]	Heizl.:[kW]
BERNDT Kälte-Klima-Energie-Umwelt	Industriegebiet	53501	Gelsdorf	(02225)	91320	14,28, 56	18, 34, 67
Climaveneta Deutschland GmbH	Oststr. 104a	22844	Norderstedt	(040)	535 704-0	100-270	150-300
Panitz Haustechnik-Service GmbH	Birkenweg 8	06120	Lieskau	(0345)	5511696	14,28, 56	18, 34, 67
Stulz GmbH Abt. Klima- und Befeuchtungssysteme	Holsteiner Chaussee 283	22457	Hamburg	(040)	5585-252	45, 56	53, 67
Wilhelm Schmitt GmbH	Robert-Bosch-Str. 5	56727	Mayen	(02651)	9887-0		40, 50, 65
York International GmbH & Co. OLG	Gottlieb-Daimler-Str. 6	68165	Mannheim	(0621)	468257		325-1.310

Absorptionskälteanlagen /-wärmepumpen

				Tel.:		Kältel.: [kW]	Heizl.: [kW]
ABB New Ventures GmbH	Oberhausener Str. 33	40472	Ratingen	(02102)	12-0	100-440	800-900
ALBRING Industrievertretung GmbH MYCOM Adsorber	Im Schelmböhl 71	64665	Alsbach	(06257)	64187	50-500	
APROVIS Energy Systems GmbH	Am Krätzenstein 103	91746	Weidenbach	(09826)	65590	100-800	
Axima Refrigeration GmbH, vormals Sulzer Escher Wyss	Kemptener Straße 11-15	88131	Lindau/Bodensee	(08382)	706-1	200-6.000	290-4400
Carrier GmbH & Co. KG	Einsteinstraße 7	85716	Unterschleißheim	(089)	32154-0	150 - 8.800	120-2810
Colibri bv	Tentstraat 5A	NL-6291 BC	Vaals	(0031)	433066227	ab 200	
EAW-Energieanlagenbau GmbH Westenfeld	Oberes Tor 106	98631	Westenfeld	(036948)	84132	50-200	55-3.500
Frigopol Kältemaschinen GmbH	Gamserstraße 21	A-8523	Frauental a.d.L.	(0043)	3462/70000		
Gesellschaft für Gasklima mbH	Robert-Bosch-Str. 17a	63477	Maintal	(06181)	48155/47957	16 - 11.600	
GfKK Gesellschaft für Kältetechnik-Klimatechnik mbH	Dieselstraße 7	50859	Köln	(02234)	4006-0		
Mattes AG Absorptionskälte	Miraustraße 54	13509	Berlin	(030)	435 572 0	ab 100	150-5000
Robur	Via Parigi 4-6	I-24040	Verdellino (BG)	(0039)	035-888111	17, 87, 45	23,74,130
TRANE Klimatechnisches Büro Nürnberg GmbH	Carl-Schwemmer-Str. 3	90427	Nürnberg	(0911)	324700	350 - 7.000	bis 3.750
WEIR ENTROPIE GmbH	Haagerstr. 2	85435	Erding	(08122)	98380	100-10.000	
YORK Industriekälte GmbH & Co. KG	Merkurring 33-35	22143	Hamburg	(040)	727 74 0	ab 500	86-3.516
YORK International GmbH	Gottlieb-Daimler-Straße 6	68165	Mannheim	(0621)	468334	35- 4.850	

www.asue.de (Wer bietet an?)