ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

# Heizen - Kühlen - Klimatisieren mit Erdgas

Fachtagung

24. Juni 2003, Berlin

Materialien

**Veranstalter/Herausgeber:**

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

## In Zusammenarbeit mit:

**GASAG** Berliner Gaswerke AG
Reichpietschufer 60 - 62
10785 Berlin
(Sponsor)

**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**
A. Prohl, Vorstandsmitglied Vertrieb und Technik, GASAG, Berlin
H.-M. Wonneberger, Leiter VBI-Fachgruppe Technische Ausrüstung, Cottbus

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

**Heizen, Kühlen, Klimatisieren – drei Funktionen mit einem Gerät**
G. Mertz, Geschäftsführer Fachinstitut Gebäude-Klima e. V., Bietigheim-Bissingen

**Planung und Installation von Gas-Klimageräten**
Dr. C. Voigt, Stulz Klimatechnik, Hamburg

**Lösungen zum Heizen und Kühlen: Einsatzfälle am Beispiel**

***Gasmotorische Multisplitgeräte:***
**3 Jahre Erfahrung: Kundenberatungszentrum der Stadtwerke Neuss**
W. Lenhart, Stadtwerke Neuss Energie und Wasser GmbH

**Einsatz im Jugendzentrum Hohenweiden**
Dr. H. Krause, MITGAS, Gröbers

***Gasabsorptionsgeräte:***
**Einsatz im Gewerbebereich**
T. Sippel, Gesellschaft für GasKlima mbH, Maintal

**Einsatz in Verwaltungsgebäuden**
H. Koch, York International Corporation, Mannheim

Autorenverzeichnis

Liste der verfügbaren Geräte

## Grußwort

## A. Prohl, Vorstandsmitglied Vertrieb und Technik, GASAG, Berlin

Der Klimatisierungs- und Kältebedarf ist in Deutschland in den letzten Jahren stark gestiegen. Dies lässt sich wohl nirgendwo besser erfahren als in der Bundeshauptstadt, wo Regierungsumzug und Bauboom der 90er Jahre einen besonderen Bezug zur Thematik der heutigen Fachveranstaltung herstellen.

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 umweltschonenden 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 Bauherrn jetzt verstärkt die Frage, ob es noch wirtschaftlich ist, separate Wärme- und Kälteerzeuger zu installieren.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung ist es für die GASAG sehr erfreulich, dass wir als Mitveranstalter gemeinsam mit der ASUE eine solch wichtige Fachtagung organisieren konnten, die sich zur Aufgabe gestellt hat, praxisnah den Stand der Technik darzustellen. Das 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 Anlagentechnik ist im letzten Jahrzehnt auch die Entwicklung der GASAG vom ehemaligen Eigenbetrieb des Landes zu einem modernen Dienstleistungsunternehmen verlaufen. Eine wichtige Facette ist dabei für uns die Förderung innovativer und umweltfreundlicher Technologien. Veranstaltungen wie die heutige Fachtagung nehmen wir deshalb sehr gern zum Anlass, unsere Erfahrungen weiterzugeben aber auch von anderen zu lernen.

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

*A. Prohl*

## 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 Erdgas“ 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.

*H.-M. Wonneberger*

**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 Heizleistung von 33 kW und einer Kälteleistung 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 soll-

te 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**

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.

# Bilder Vortrag von Herrn C. Müller

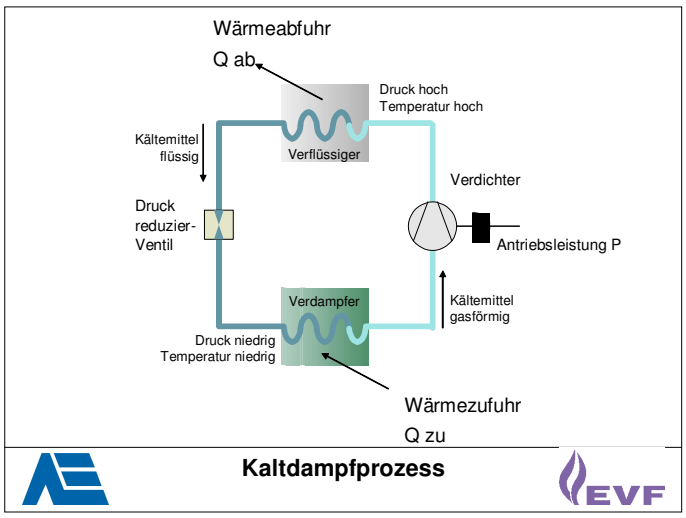



Bild 1

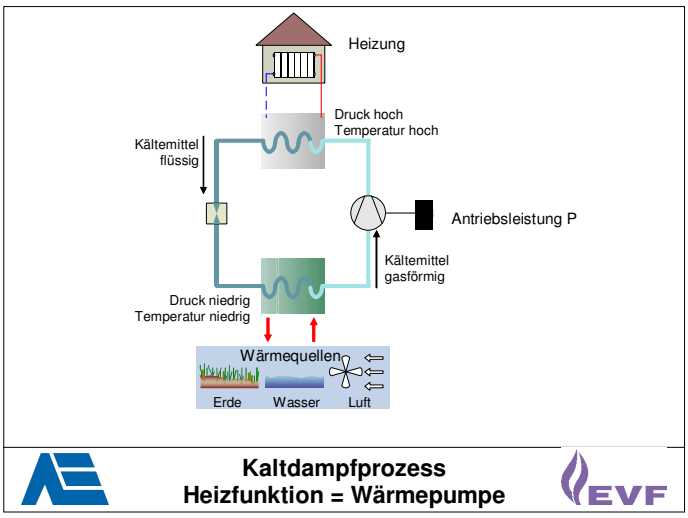



Bild 2

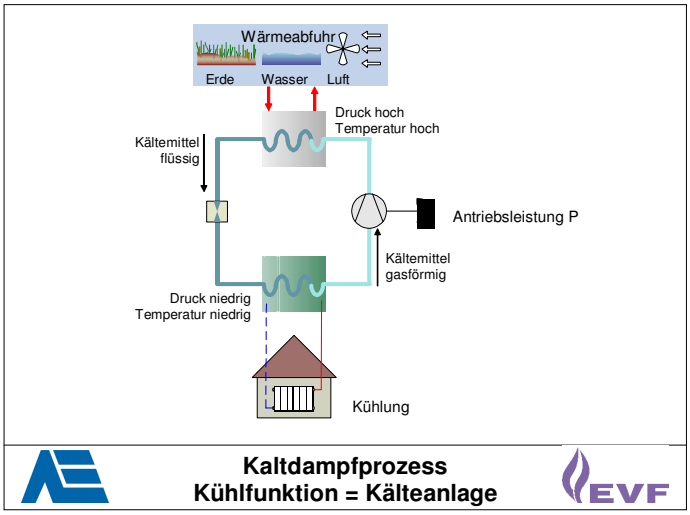



Bild 3

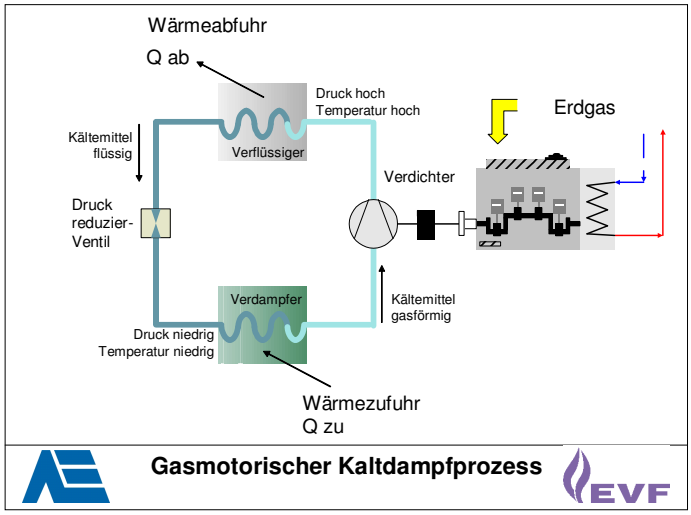



Bild 4

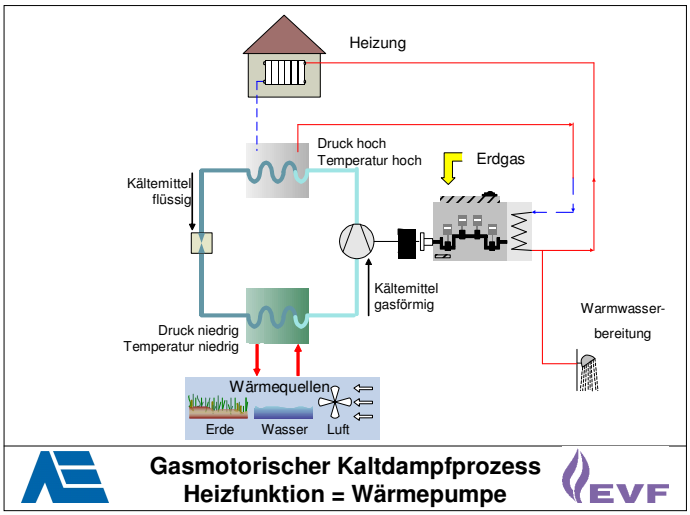



Bild 5

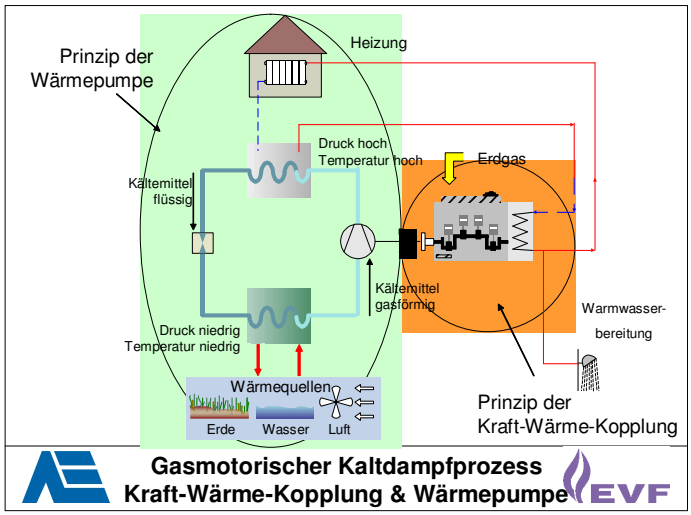



Bild 6

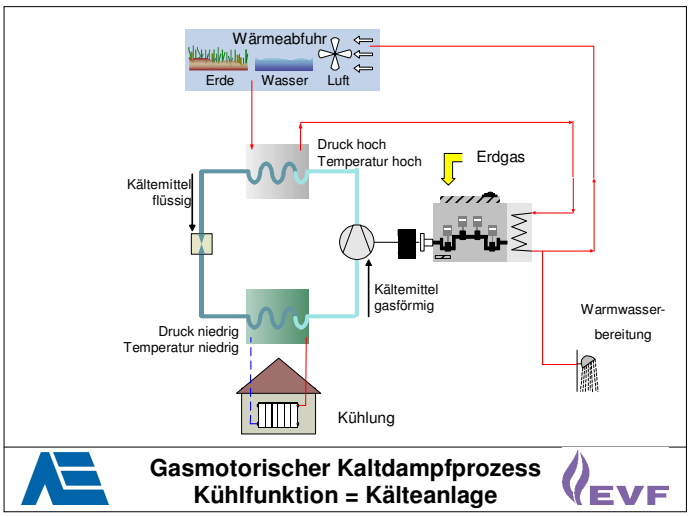



Bild 7

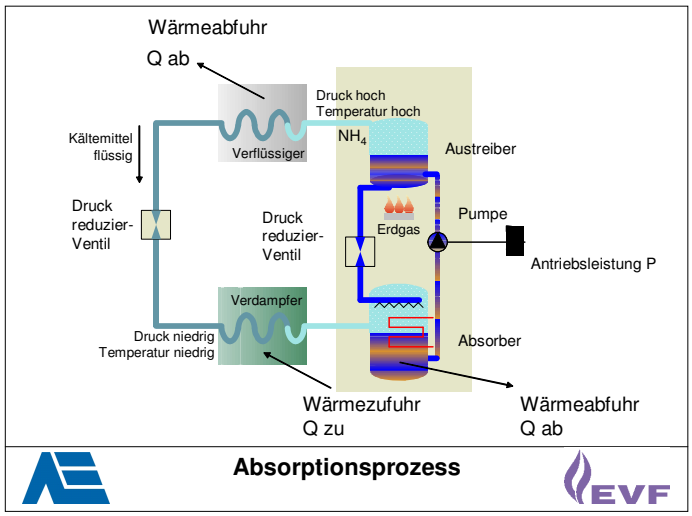



Bild 8

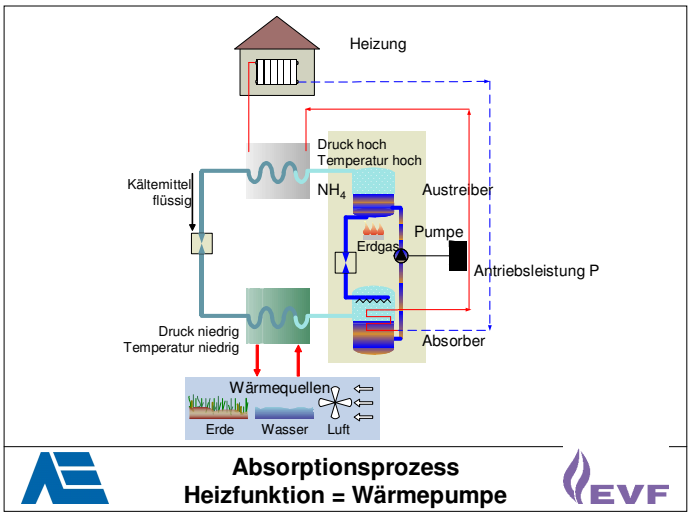



Bild 9

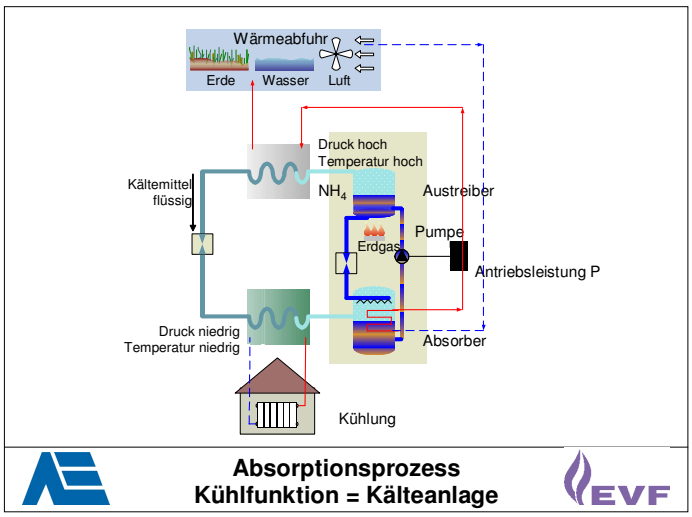



Bild 10

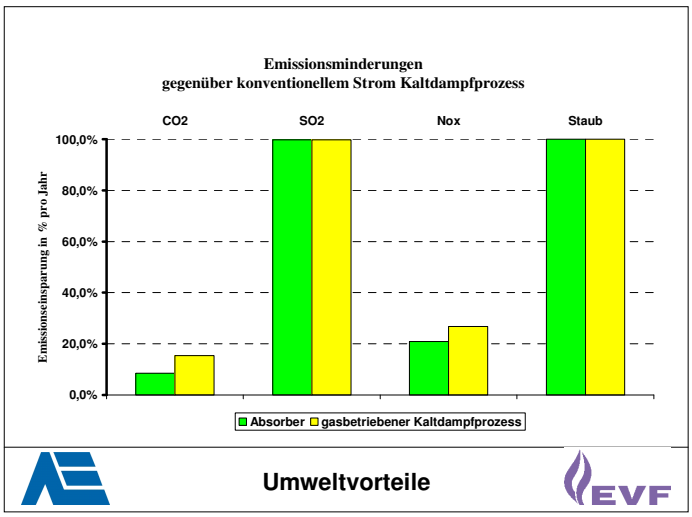



Bild 11

Bild 12

„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**

Bild 13

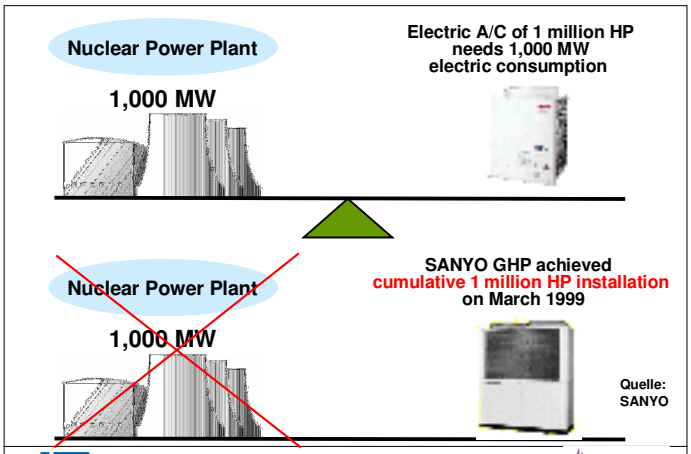
Increase in electric power demand & oil crisis
Diversification of energy source

- 1980 ····· Tokyo-Gas commissioned SANYO to produce a pilot GHP unit.
- Development
  - 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

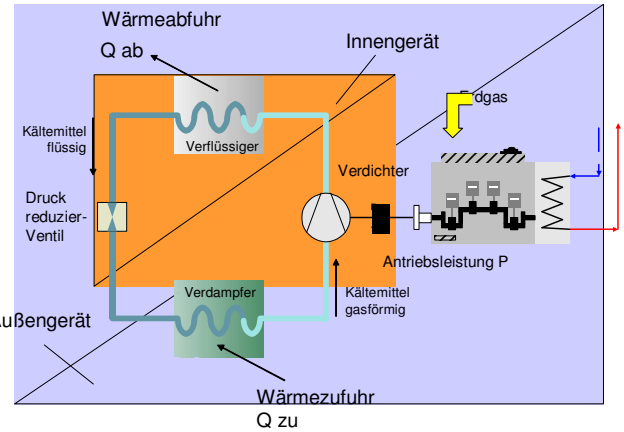
**Entwicklungsgeschichte Gas Heat Pumps (GHP)**

Bild 14



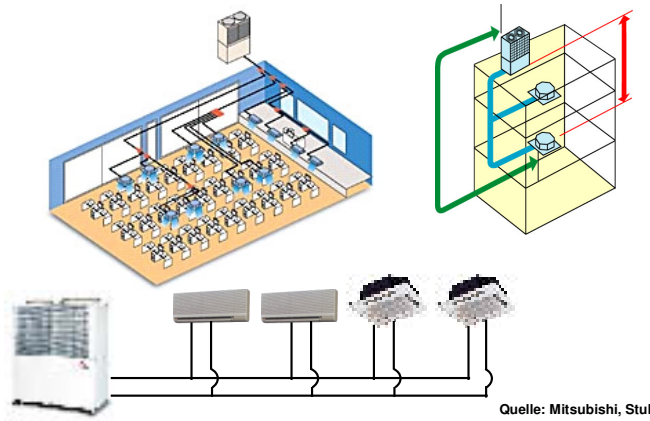

**Installierte Leistungen Gas Heat Pumps (GHP)**

Bild 15




**Funktionsprinzip GHP: Räumliche Trennung des Prozesses**

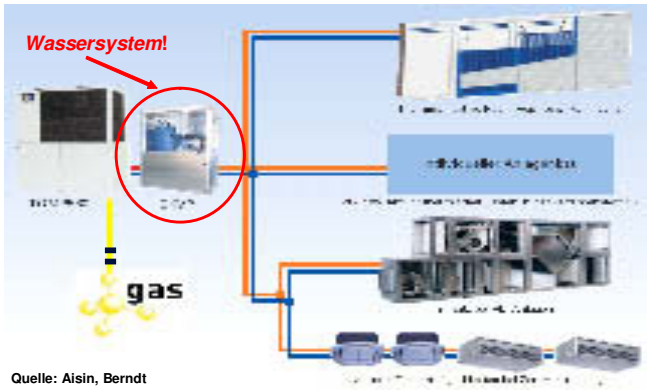
Bild 16



Quelle: Mitsubishi, Stulz

**GHP - Realisierung**

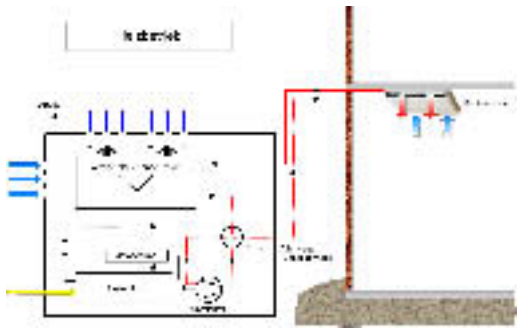
Bild 17




Quelle: Aisin, Berndt

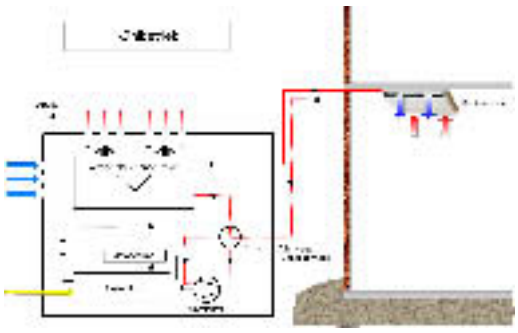
**GHP - Hydraulikmodule**

Bild 18



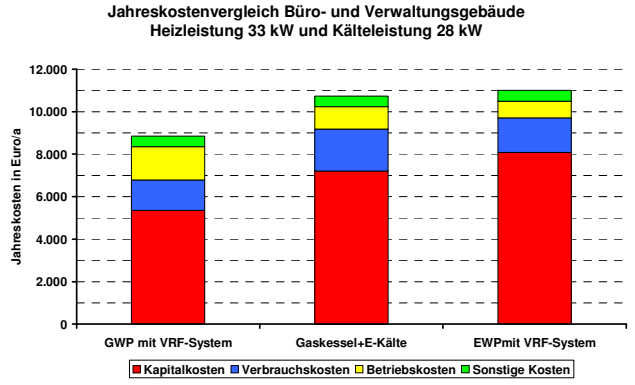
**GHP im Heizbetrieb**

Bild 19



**GHP im Kühlbetrieb**

Bild 20




**Wirtschaftlichkeit GHP Vollkostenvergleich**

Bild 21

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:

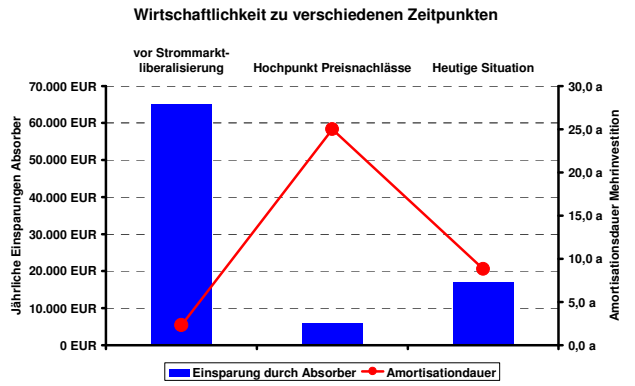
Mehrinvestition bei Absorber: 150.000 EUR
Einsparung Jahrskosten bei Absorber: 65.000 EUR/a

3. Wirtschaftlichkeitsberechnung (stat. Amortisation):

Amortisation Mehrinvestion: 2,3 Jahre

**Wirtschaftlichkeit Absorber Investition und Amortisation**

Bild 22




**Wirtschaftlichkeit Absorber Entwicklungen bis Heute**

Bild 23

**Heizen, Kühlen, Klimatisieren – drei Funktionen mit einem Gerät**

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.

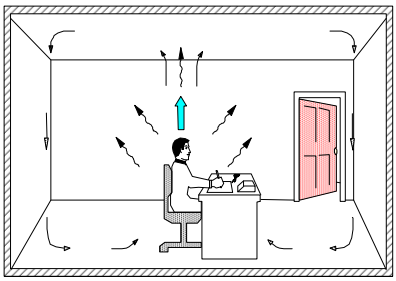
**Kombinierte Geräte auf Erdgasbasis**

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.

# Bilder Vortrag Herr Mertz

## Die Wärmeentwicklung des Menschen



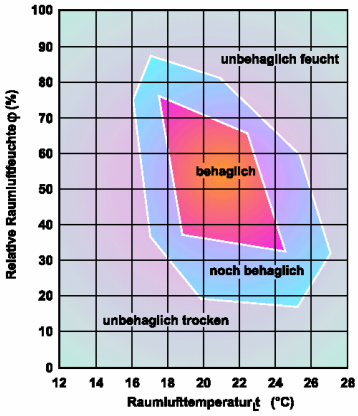
Luftbewegung

Wärmeabgabe durch Strahlung

Wärmeabgabe durch Konvektion einschließlich Verdunstung

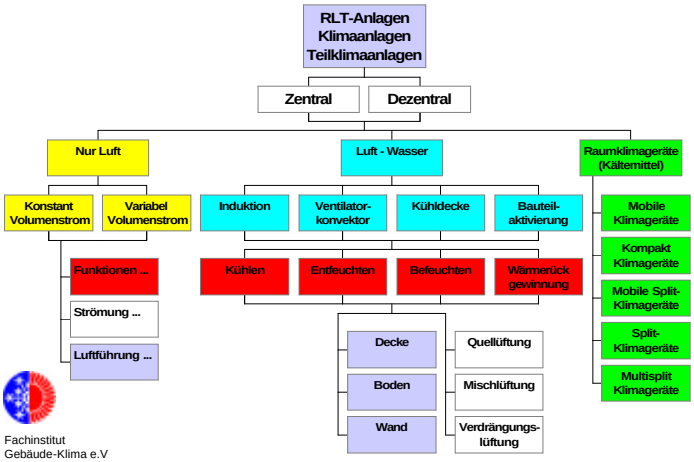
Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

## Bereich behaglicher Temperatur und Raumluftfeuchte



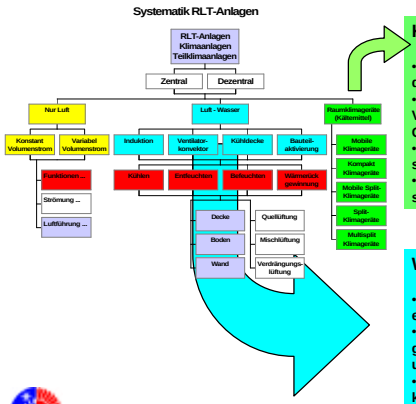

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

## Systematik RLT-Anlagen




Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

## Systematik von gasbetriebenen bivalenten Klimageräten




### Kältemittelkreislauf

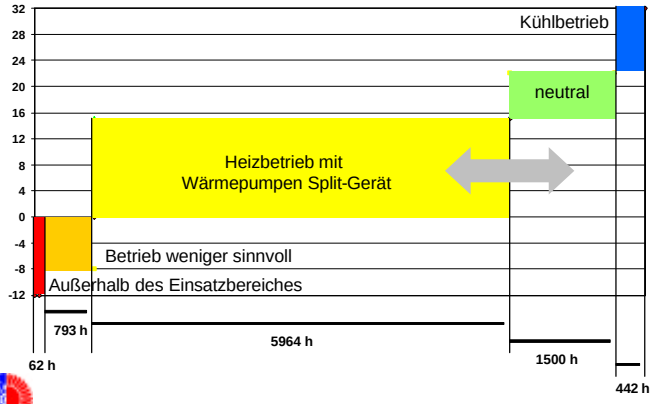
- Energietransport im Gebäude übernimmt das Kältemittel
- Zweileiter, Dreileiter oder Vierleitersystem je nach geforderter Gleichzeitgkeit von Heizen und Kühlen
- Innengeräte für Heiz- und Kühlfunktion sind die gleichen
- Nur konvektive Systeme mit Ventilator sind möglich

### 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

## Nutzungsdauer eines elektrischen Wärmepumpen-Split-Gerätes

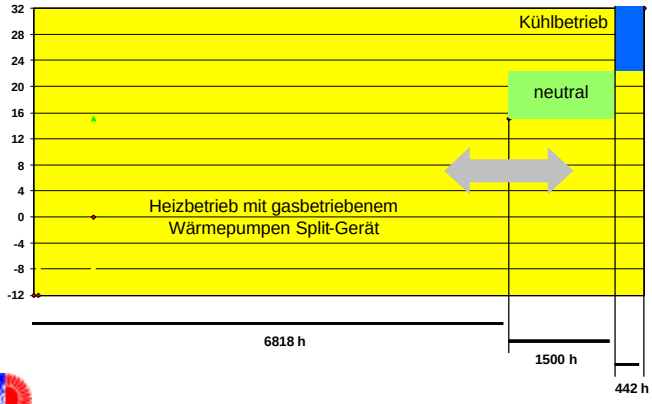



Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

Wetterdaten Frankfurt

Quelle: Iselt/Arndt -Die andere Klimatechnik

## Nutzungsdauer eines gasbetriebenen Wärmepumpen-Split-Gerätes




Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

Wetterdaten Frankfurt

**Planung und Installation von Gas-Klimageräten**

Dr. C. Voigt, Stulz Klimatechnik, Hamburg

KX Gas – die umweltfreundliche ganzjährige Klimaanlage

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 System sind Direktverdampfungssysteme, d.h. der notwendige Transport von Wärme oder Kälte wird von Kältemitteln 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.
Die heutigen VRF Systeme sind sowohl für den Kühlfall an heißen Sommertagen wie 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 elektrischbetriebenen VRF Systeme bieten eine Kühlleistung 126 kW bzw. eine Heizleistung von 135 kW, wobei bis zu 40 Innengeräte an eine Außengerätekombination angeschlossen werden können. Die gasbetriebenen VRF Systeme von MHI haben eine Kühlleistung von 45 bzw. 56 kW und eine Heizleistung von 56 bzw. 67 kW, wobei bis zu 30 Innengeräte an die Außengeräte angeschlossen werden können.

Die Entwicklung der Gasmotorwärmepumpen begann in Japan in den 70iger Jahren, um die Stromengpässe im Sommer zu verringern. Mitte der 80iger Jahre begann der Verkauf, so dass bis heute ca. 400.000 Geräte verkauft und installiert sind. Die gravierenden Unterschiede zwischen elektrisch und gasbetriebenen VRF Systemen resultieren aus der Möglichkeit, die Abwärme des gasbetriebenen Verbrennungsmotors zu nutzen. Ein elektrisch betriebenes System braucht 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 außerdem 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.

Innengeräte für KX Anlagen: Die Produktpalette besteht aus 11 verschiedenen Modellen, d.h. 4 Deckenkassetten Modell, 3 Deckeneinbau Modellen, 1 Deckenunterbau Modell, 1 Wand Modell und 2 Truhen Modellen. Neben der Vielzahl von möglichen Innen- und Außengeräten überzeugt die KX Technologie durch eine große Regelungsvielfalt, die einfache Hotelfernbedienungen über Infrarot, Gruppen- und Wochenfernbedienungen hin bis zu Gebäudemanagementregelsystemen. Damit ist sowohl für jeden einzelnen Raum eine individuelle Einstellung der Geräteparameter möglich als auch eine Fernüberwachung, Energiekostenabrechnung. Steuer- und Überwachung von Zentralen ist realisierbar.

## 2. Vorteile von VRF Systemen

Die wirtschaftlichen und technischen Vorteile von VRF Systemen, d.h. von Direktverdampfungssystemen muss man im Vergleich zu Luftsystemen oder Wassersystemen betrachten. Die wirtschaftlichen Gründe sind klar 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.

## 3. Planung und Installation von KX Gas-Systemen

Bei der Planung von KX Gas müssen folgende Anlagekomponenten berücksichtigt werden:

Notwendige Installationsmaßnahmen:

- 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 nun durch Fachfirmen vorgenommen wird.

Die Installationsbeispiele zeigen, dass eine hohe Flexibilität beim Einbau der Geräte vorhanden ist. Wichtig ist dabei die genaue Heiz- bzw. Kühllastberechnung zur Dimensionierung der einzelnen Gerätekomponenten.

## 4. Einsatzmöglichkeiten von KX Gas

Für Gebäude ist der Einsatz von KX Gas sinnvoll, wenn kühlen und heizen 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 KX Gasschulungsanlage 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 Haupteinsatzmarkt für VRF Anlagen. Wir versprechen uns auch einen angemessenen Marktanteile für KX Gas, da auch moderne wärmedichte Gebäude sowohl Kühlung im Sommer wie Heizung im Winter erfordern.

## 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 und ASUE 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 KX Gas 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.

# Bilder Vortrag Herr Dr. C. Voigt

## VRF-Systeme

## Leistungen

KXGas

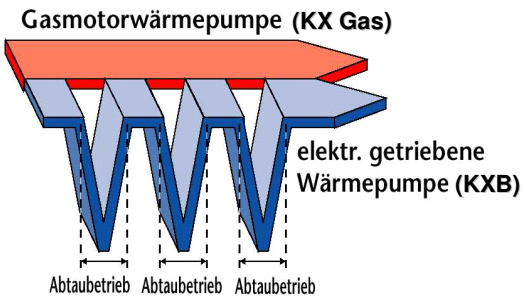
| Modell | GHCP 450 HMT | GHCP 560 HMT |
|---|---|---|
| **Nennleistung** | | |
| Kühlleistung | 45,0 kW | 56,0 kW |
| Heizleistung | 53,0 kW | 67,0 kW |
| **Leistungsregelung** | | |
| Regelbereich | 4,8 – 123 % | 3,9 – 121 % |
| Regelbereich Kühlen | 2,2 – 55,4 kW | 2,2 – 67,8 kW |
| Regelbereich Heizen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



## KXB versus KX Gas

Keine zusätzliche Energie für den Abtauvorgang notwendig.

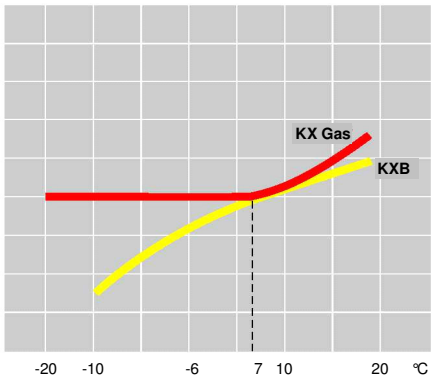
Kontinuierlicher Heizbetrieb ohne Unterbrechungen durch Abtauzyklen.






## KXB versus KX Gas

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






## KX - Innengeräte

## KX - Fernbedienungen

# KX - CompTrol

In-House und Fernüberwachung

Steuerung und Monitoring von bis zu 768 Innengeräten

# Energieaufwand der Systeme (1)

| | Wasser | Luft | VRV |
|---|---|---|---|
| System-wirkungsgrad | 0,75 | 0,45 | 0,96 |
| Energieauwand (EPN-Index | 153 0,333kW/kW | 256 0,556kW/kW | 100 0,217kW/kW |

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



# KX Gas System

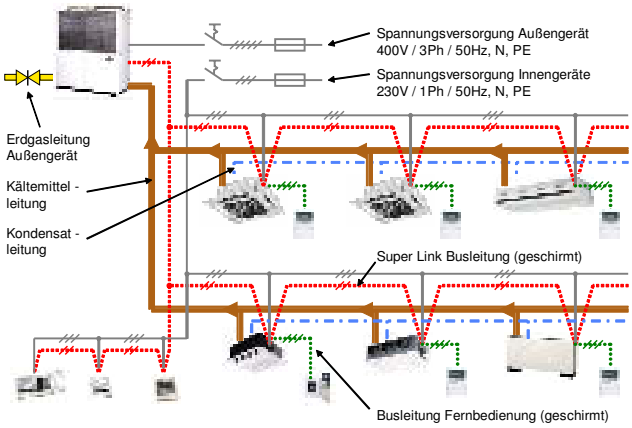
**Notwendige Installationsmaßnahmen:**

- 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






# Einsatzmöglichkeiten von KX Gas

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

**Lösungen zum Heizen und Kühlen: Einsatzfälle am Beispiel**

***Gasmotorische Multisplitgeräte:***
**3 Jahre Erfahrung: Kundenberatungszentrum der Stadtwerke Neuss**

W. Lenhart, Stadtwerke Neuss Energie und Wasser GmbH

## Ausgangssituation

Im Jahr 1997 haben die Stadtwerke Neuss Energie und Wasser GmbH ihr Kundenzentrum zu dem heutigen Standort Meererhof verlegt. Diese Verlegung wurde erforderlich, da am alten Standort keine ausreichenden Flächen zur Kunden-Beratung in abrechnungstechnischen Fragen zur Verfügung standen. Die Arbeitsbedingungen für die Energie-Beratung sollten verbessert, und mit einer Erdgas-Geräte-Ausstellung verbunden werden.

Der Meererhof ist ein in den 70er Jahren erbautes innerstädtisches Ladenzentrum mit integrierter Wohnbebauung. Das Ladenlokal für das Kundenzentrum der Stadtwerke Neuss hat eine Fläche von rund 800 m² und wurde bis zum Umbau von der Firma Quelle genutzt. Das Objekt ist als Beton-Elementen-Konstruktion mit Flachdach ausgeführt.

Das Kundenzentrum besteht im Wesentlichen aus innenliegenden Räumen ohne die Möglichkeit einer natürlichen Lüftung. Die vorhandene zentrale Lüftungsanlage hat jedoch keine Möglichkeit für den Einbau einer Kühlung. Ein zusätzliches Problem besteht in der Tatsache, dass diese Lüftungsanlage auch andere Ladenlokale versorgt und dieser Nachteil nicht zu korrigieren war. Im Rahmen der Umbaumaßnahmen wurde die vorhandene Lüftungsanlage auf die neuen Belange umgebaut; dies bezieht sich jedoch nur auf die Lüftungsauslässe und den Brandschutz.

Bereits in der ersten Sommer-Saison traten im Kundenzentrum Raumtemperaturen im Bereich über 30°C auf. Die inneren Kühllasten werden verursacht durch Beleuchtung, Computer und natürlich Mitarbeiter und Kunden selbst.

## Lösungsansatz

Die mit der Anpassung der vorhandenen Lüftungsanlage im Kundenzentrum beauftragte Klima- und Lüftungsfirma wurde aufgefordert, eine Lösung zu entwickeln.

Als erster Vorschlag wurde eine zentrale Kälte-Anlage als Split-Lösung mit einer Leistung von 60 kW vorgestellt. Im Kundenzentrum selbst sollten 13 Inneneinheiten als Direktverdampfer in die Deckenkonstruktion eingebaut werden. Diese konventionelle, elektrisch betriebene Lösung wurde auch vom Eigentümer der Liegenschaft, der West LB, akzeptiert.

Die Stadtwerke Neuss sind jedoch kein Strom-Versorgungsunternehmen, sondern ein Gas-, Wasser- und Fernwärme-Versorgungsunternehmen, und in dieser Eigen-

schaft natürlich bemüht, alternativ zu Elektrischen-Anwendungen gasbezogene Lösungen zu finden. Zu diesem Zeitpunkt gab es erste Kontakte zur Firma Robur, die im Rahmen einer Ausstellung bereits einmal einen direkt befeuerten Absorber in Neuss vorgestellt hatte.

Auf der Suche nach einer gasbetriebenen Alternative wurde die GHP der Firma MITSUBISHI vorgeschlagen. Die Gerätebeschaffung erfolgte über die Fa. KKL Düsseldorf. Der Import und Vertrieb dieser Geräte erfolgt in Deutschland durch die Firma Stulz in Hamburg.

In Japan sind aufgrund anderer Strukturen bei Strom- und Erdgas-Preisen und anderen klimatischen Bedingungen Erdgas-Anwendungen für Klima-Kälte weiter fortgeschritten als in Europa.

Die nunmehr von den Stadtwerken Neuss favorisierte Lösung bestand aus einer Erdgas-Motor-Wärmepumpe, die in Japan in großen Stückzahlen eingesetzt wird. Für Europa oder Deutschland lagen zu diesem Zeitpunkt keinerlei Betriebserfahrungen vor. Dennoch wurde diese Lösung umgesetzt und dies bei gleichen Endgeräten im Kundenzentrum. Die Mehrkosten für das Aggregat selbst sowie die Kosten für den Erdgas-Anschluss wurden durch die Stadtwerke Neuss übernommen.

Die Montage der Endgeräte war aufgrund des bereits eröffneten Betriebes des Kundenzentrums nur in den Abendstunden und an den Wochenenden möglich.

Als Vorteil haben sich die geringen Leitungsquerschnitte der Kältemittel-Leitungen erwiesen, da die Deckenzwischenräume bereits stark belegt waren. Auch das Problem der Ableitung des Kondenswassers konnte schließlich gelöst werden. Die Montage des Aggregates erfolgte aus Platzgründen oberhalb einer Tiefgaragen-Einfahrt auf einer Stahl-Hilfskonstruktion.

## Inbetriebnahme

Die Erst-Inbetriebnahme erfolgte im Frühjahr 1999 ohne besondere Probleme. Seit diesem Zeitpunkt wird die Anlage zweimal jährlich gewartet. Dabei werden im Wesentlichen Filter und Öl gewechselt. Das Aggregat arbeitet seit mehr als drei Jahren störungsfrei, nennenswerte Reparaturen hat es nicht gegeben.

Der Aufstellplatz oberhalb des Einfahrtsbereiches einer öffentlichen Tiefgarage ist sicher nicht der optimale Aufstellplatz. Daher muss auch der Wärmetauscher regelmäßig gereinigt werden.

Probleme durch Schall-Abstrahlung oder -Übertragung sind nicht aufgetreten. Die werksseitigen Abschirmungen sind absolut ausreichend.

### *Betriebserfahrungen*

Im ersten Betriebswinter der Anlage hat sich gezeigt, dass es die richtige Entscheidung war, eine Wärmepumpe statt einer konventionellen Kälte-Erzeugung zu installieren.

Aufgrund der neuen Raumsituation war die Beheizung des Kundenzentums nicht ausreichend. Die eigentlich nur als Kühlanlage vorgesehene Wärmepumpe wird auch als Zusatzheizung genutzt und hat also ihre Mehrkosten zumindest teilweise wieder eingespielt.

Die Betriebsbedingungen im Kundenzentrum sind - bedingt durch die zentrale Lüftungs-Anlage - nicht optimal. Zumindest in den Übergangszeiten arbeiten die Lüftungsanlage und die Kälte-Anlage gegeneinander. Diese Tatsache ist absolut unbefriedigend und verursacht hohe Betriebskosten und Zeiten. Sie ist aber derzeit nicht veränderbar.

Deshalb hat die Anlage auch enorm hohe Laufzeiten, was aber zumindest eine verlässliche Aussage über die Standfestigkeit der Aggregate zulässt.
Derzeit liegen die Gesamt-Betriebsstunden bei rund 25.000 Stunden, was gemessen an den Betriebsjahren einen enorm hohen Wert darstellt.

### Ausblick

Über den tatsächlichen Leistungsfaktor der Anlage lassen sich nur ungenaue Aussagen machen, da nur Prospekt-Angaben des Herstellers vorliegen.

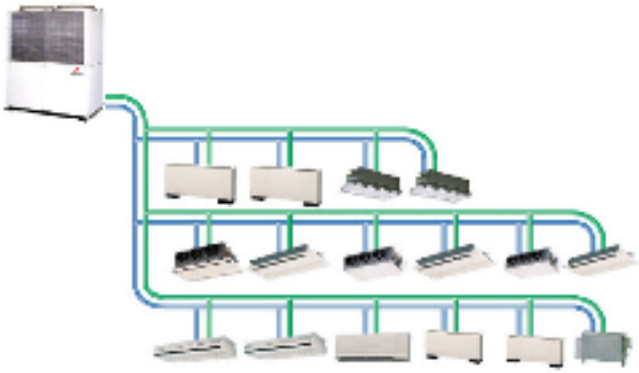
Aus diesem Grund werden MITSUBISHI, die Ruhrgas AG und die Stadtwerke Neuss einen gemeinsamen Feldversuch an dieser Anlage durchführen. Dieser hat in einer ersten Phase am 14.05.2003 begonnen. Insbesondere sollen Fragen hinsichtlich des Brennstoff-Verbrauches und der Leistungszahlen bestimmt werden. Über die Ergebnisse wird die ASUE weiter berichten.

### Fazit

Die eingesetzte Gasmotor-Wärmepumpe hat die Erwartungen hinsichtlich der Verfügbarkeit und Standsicherheit eindrucksvoll bewiesen.

Bilder Vortrag Herr Lenhart

## KX Gas-System von MHI



**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 (Bild 5).

## 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 6), 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. Bild 7 stellt die erfassten Betriebspunkte als prozentuale Anteile des Maximalmassenstromes dar. 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:

$$\mathbf{COP}_{GHP} = Q_{GHP} / Q_{GAS,GHP}$$

Es ergibt sich ein mittlerer Wert von:

$$\mathbf{COP}_{GHP} = 1{,}40$$

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

$$\mathbf{COP}_{GHP,real} = Q_{GHP} \ / \ (Q_{GAS,GHP} + W_{elt})$$

$$\mathbf{COP}_{GHP,real} = 1{,}35$$

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.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die seit November 2002 störungsfrei arbeitende Anlage die Erwartungen für den Heizfall voll erfüllt hat.

# Bilder Vortrag Herr Dr. Krause

## Gas-Wärmepumpe (GHP): Testanlage Hohenweiden

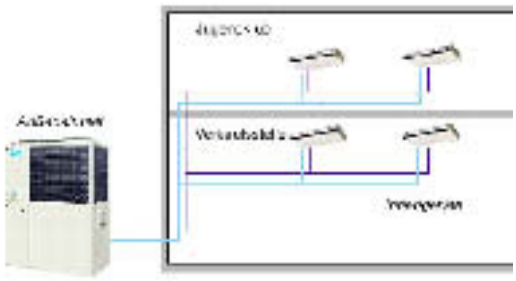


Bild 1: GHP-Testanlage in Hohenweiden, prinzipieller Aufbau

## Gas-Wärmepumpe (GHP): Testanlage Hohenweiden

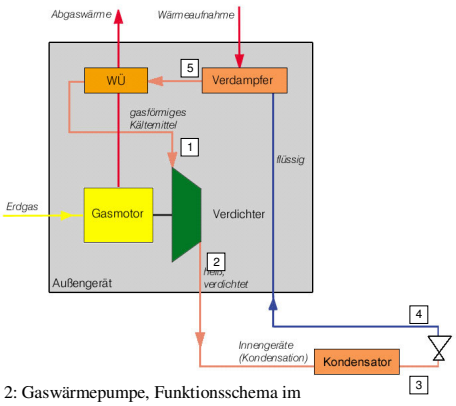



Bild 2: Gaswärmepumpe, Funktionsschema im Heizbetrieb

## Gas-Wärmepumpe (GHP): Testanlage Hohenweiden

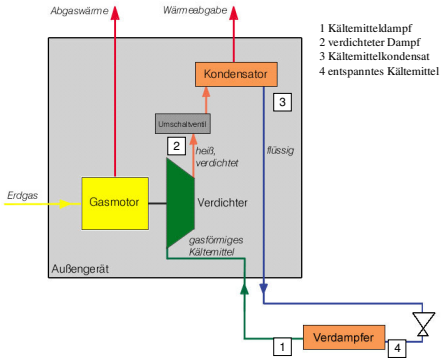



Bild 3: Gaswärmepumpe, Funktionsschema im Kühlbetrieb

## Gas-Wärmepumpe (GHP): Testanlage Hohenweiden

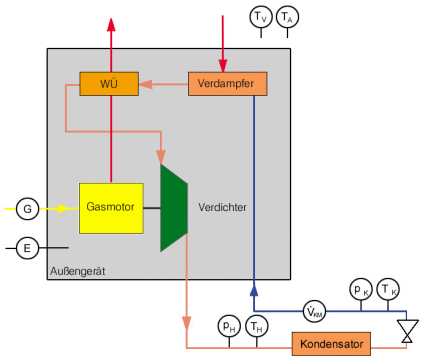



Bild 4: Messstellen am Außengerät

## Gas-Wärmepumpe (GHP): Testanlage Hohenweiden

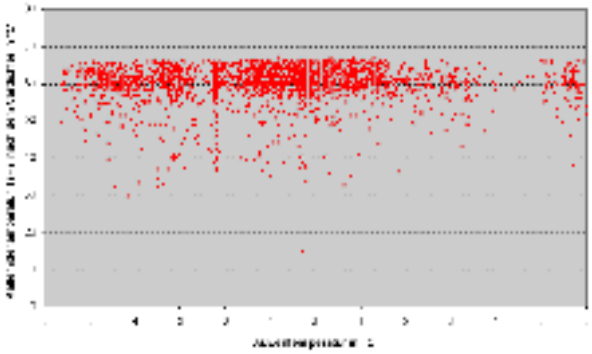


Bild 6: Zusammenhang zwischen Außentemperatur und Kältemittel-Heißgastemperatur am Verdichteraustritt

## Gas-Wärmepumpe (GHP): Testanlage Hohenweiden

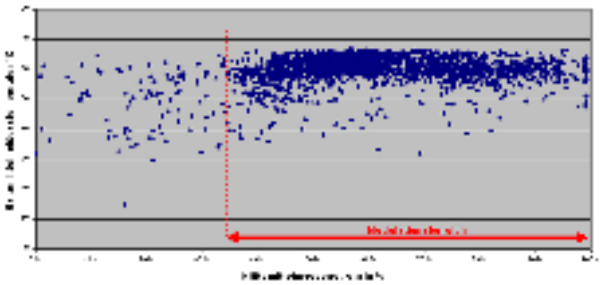


Bild 7: Arbeitsbereich der Verdichter

***Gasabsorptionsgeräte:***
**Einsatz im Gewerbebereich**
T. Sippel, Gesellschaft für GasKlima mbH, Maintal

## 1. Einleitung

Die Kühlung von Gebäuden und Prozessen mittels Absorptionskältetechnik ist im Aufwind. Neue, innovative Technologien, erhöhen die Wirtschaftlichkeit der Anlagen und decken ein immer breiteres Anwendungsgebiet ab. So können die unterschiedlichsten Energieformen wie z.B. Erdgas, Dampf, Fernwärme, Abwärme aus Mikroturbinen und BHKW sowie Solarenergie als Antriebsenergie genutzt werden. Unter der Vielfalt an Absorptionskühlern nimmt der direktgefeuerte Flüssigkeitskühler/ -heizer eine besondere Stellung ein. Durch die direkte Umwandlung von Primärenergie in Kälte, bei zusätzlicher Nutzung oder Auskopplung der Wärme für Heizzwecke, ist man unabhängig von der Leistung der elektrischen Infrastruktur, aber auch die Platzersparnis bei der Installation oder die einfache Handhabung der Geräte, können entscheidende Argumente bei der Anlagenplanung und Konzeption liefern.

Nachfolgend werden typische Beispiele aus dem gewerblichen Bereich vorgestellt.

## 2. Fernkältezentrale Strassen

Als im Jahr 2001 ein Luxemburger Energie-dienstleister eine warmwasserbetriebene Absorptionskältemaschine anfragte, suchte er zweckmäßigerweise für die Sommermonate einen Verbraucher für die Abwärme seiner beiden bereits ganzjährig in Betrieb befindlichen BHKWs mit insgesamt 6 MW Wärmeleistung.

In 1,5 km Entfernung zur bestehenden Wärmezentrale wurde dafür eine komplett neue Kältezentrale errichtet die mehrere Verwaltungsgebäude im Nahbereich direkt mit Kaltwasser versorgt. Da die Kälteleistung durch die Nutzer bestimmt und das Temperaturniveau des Absorptionsprozesses durch die BHKWs eingeschränkt war, konnte die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage nur durch spezielle Wärmetauscherauslegung des Absorptionskühlers verbessert werden. Dies zeigte sich deutlich am hohen Wirkungsgrad (COP = cycle of performance) der eingesetzten einstufigen Maschine, welcher nachgewiesen bisher verfügbare Absorber um mehr als 10% übertraf.

Setzt man beispielsweise den Wärmepreis äquivalent mit 20 Euro/MWh an und legt eine Betriebszeit von 2.500 h jährlich zugrunde, dann ergibt sich unter den gegebenen Betriebsvoraussetzungen eine Einsparungen von über 25.000 Euro jährlich, ein Beweis dafür, dass die Weiterentwicklung einer lang bewährten Technik möglich und lohnend ist (weitere Angaben zum Projekt auf den Bildern).

## 3. Meerwasseraquarium Wilhelmshaven

Bei der Ausführung dieses Projektes kamen schier unlösbare Aufgaben auf den Fachplaner der H-L-K und Wassertechnik zu, die es galt unter den gegebenen Umständen in kürzester Zeit zu erledigen. So wurde das alte Meerwasseraquarium zunächst durch einen privaten Bauherrn von der Stadt erworben, komplett

kernsaniert und mit einem großzügig verglasten Verbindungsbau erweitert. Für die Technik war, wie so oft, im bestehenden Untergeschoss der Strandhalle nur sehr wenig Platz übrig, mit dem bei konventioneller Ausführung nicht auszukommen war. Da kam es dem Fachplaner, dem Architekten und dem Bauherren recht als die ersten Broad direktbefeuerten Absorptionskühler/-heizer gegen Ende 2000 in Deutschland über die Gesellschaft für GasKlima, Maintal, angeboten wurden. Mit der kompakten Bauart und dem Vorzug der flexiblen Leistungsanpassung bei gleichzeitiger Wärme- und Kälteerzeugung konnte eine Lösung gefunden werden und seit der Fertigstellung und Wiedereröffnung im Mai 2002 wird der gesamte Baukomplex durch eine einzige Absorptionsmaschine mit Warm- und Kaltwasser versorgt. Eine weitere erfreuliche Begleiterscheinung war auch, dass auf eine neue Trafostation verzichtet werden konnte, da durch den Ersatz der alten Kompressionskältemaschinen genügend Anschlusskapazität für die neuen Einrichtungen und Erweiterungen frei wurde (weitere Angaben zum Projekt auf den Bildern).

## 4. Informationstechnologie- Gründer- und Multimediazentrum (ITZ) Fulda

Anfang letzten Jahrhunderts im Jugendstiel erbaut, ist der unter Denkmalschutz stehende Industriebau zu einem markanten Teil des Stadtbildes von Fulda geworden. Nach knapp 18monatiger Kernsanierung und Erweiterung ist das Informationstechnologie- Gründer- und Multimediazentrum, kurz ITZ, im September 2001 eingeweiht worden. Auf insgesamt 4.630 m² befinden sich Büro- und Funktionsflächen. Im Existenzgründerteil des ITZ arbeiten junge Unternehmen, drei modern eingerichtete Konferenzräume und ein Multimediaareal stehen auch externen Nutzern zur Verfügung.

Bei der Wärme- und Kälteerzeugung setzt das ITZ Maßstäbe durch seine umweltverträgliche und energiesparende Konzeption. Die Anlage besteht aus einer Kombination von vier Gas-Absorptionswärmepumpen, die zusammengestellt und in Kaskade Lastabhängig angefordert werden sowie einem nach geschalteten Gas-Spitzenlastkessel. Auf der Heizseite ist ein Schichtspeicher gleichzeitig zur hydraulischen Trennung vom Hausnetz integriert. Das Kältenetz wird hydraulisch durch einen Plattenwärmetauscher getrennt. Zur Nutzung des Brunnenwassers sind ebenfalls je ein Plattenwärmetauscher für den Wärmeentzug, zur Abführung der sommerlichen Abwärme sowie zur Freikühlung installiert. Die Bereitstellung von Heiz- und Kaltwasser erfolgt ganzjährig.

Die Gasabsorptionswärmepumpe macht zusätzlich zur Generatorantriebswärme auch die dem Kaltwassernetz entzogene Verdampfungswärme nutzbar, wodurch der thermische Wirkungsgrad, wie man Ihn von Heizkesseln oder Brennwertgeräten kennt, erheblich gesteigert wird. Da das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand wegen des Energiegewinnes aus der Umwelt größer 1 ist, verwendet man hierfür den Begriff Heizzahl. Bezogen auf Prüfstandsmesswerte sind Heizzahlen bis 1,59 möglich. Bei 100% Primärenergieeinsatz bedeutet dies einen zusätzlichen Wärmegewinn von 59% aus der Umwelt.

## 5. Erdgasbetriebene Kleinabsorber

Es ist endlich soweit, nach einer langen Vorserien- und Entwicklungsphase läuft seit März 2003 die Serienproduktion einer vollkommen neuen Baureihe gasbefeuerter Absorptionskältemaschinen im Leistungsbereich von 16 bis 115 kW, die bis zu 60 Raum- Innengeräte mit Kalt- oder Heizwasser versorgen und gleichzeitig Brauchwarmwasser erzeugen können.

Diese Absorbergeneration, von der jährlich mehr als 77.000 Geräte produziert werden sollen, vereinigt erstmals alle Komponenten für den vollautomatischen Betrieb eines zweistufigen LiBr-Wasser Absorbers incl. Rückkühler, Regelung und Pumpen. Die Leistungsregelung erfolgt modular zwischen 10-100%, wobei die Umschaltdauer von Heiz- auf Kühlbetrieb je nach Gerätegröße zwischen 3 bis 10 Minuten dauert. Für Planer, Betreiber, EVUs und Installationsbetriebe dürfte interessant sein, das mit diesem Kompaktsystem in Kombination mit Ventilatorkonvektor- Innengeräten (Truhen-, Wand-, Stand-, Highwall-, Deckengeräten etc.) vergleichsweise einfach wasserbasierte Klima-/Heizungslösungen für Wohnungen, Shops, Restaurants etc. bis hin zu kleineren Bürogebäuden realisiert werden können.

(weitere Angaben auf den Bildern)

Bilder Vortrag Herr Sippel

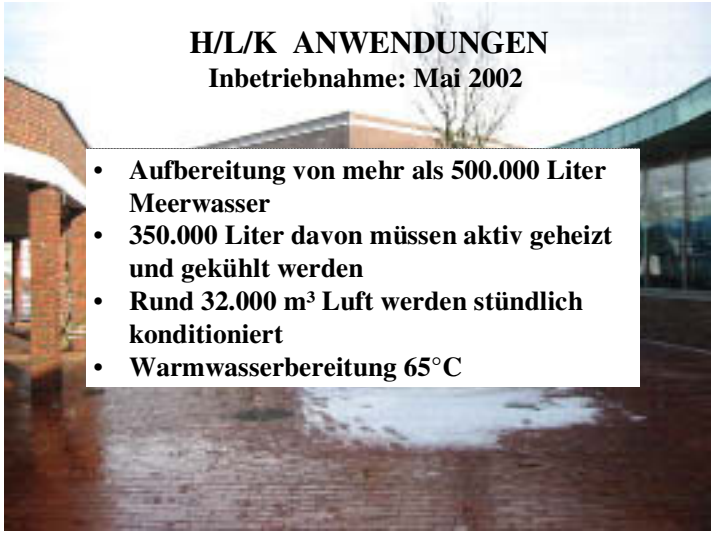
**EINSTUFIG WARMWASSER BETRIEBENER ABSORPTIONSKÜHLER**

**$Q_{KW}$ = 2.325 kW**
$KW_{VL}$ = 6°C
$KW_{RL}$ = 12°C

**$Q_{HW}$ = 2.925 kW**
(von Erdgas BHKW- Zentrale)
$HW_{VL}$ = 90°C
$HW_{RL}$ = 75°C

**C.O.P. = 0,79 ($Q_{KW}$ / $Q_{HW}$ )**
Prüfstandsmessung unter Aufsicht der Luxcontrol gem. ARI 560-2000 Standard)

$KÜW_{VL}$ = 26°C
$KÜW_{RL}$ = 32°C (offenes System mit Wasseraufbereitung)




**DFA = Zweistufig Erdgas- direktbefeuerter Absorptionskühler / -heizer**

**Informationstechnologie-Gründer- und Multimediazentrum**

**(ITZ) Fulda**

Wurde 1907 im Jugendstiel erbaut und als Schlachthof genutzt.

Umnutzung und Wiedereröffnung nach umfangreichen Sanierungs- und Erweiterungsmaßnahmen im Sept. 2001.

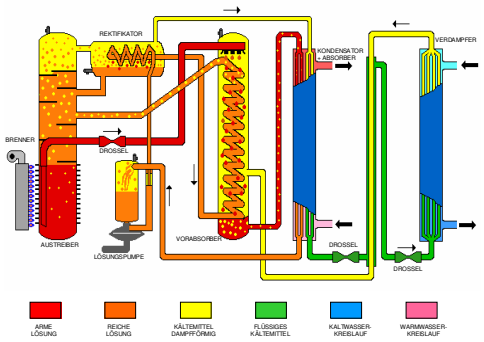
Gesamtnutzfläche 4.630 m² bestehend aus Konferenz- und Tagungsräumen, Büros, Cofee- Shop, Fitnessraum.

Modernste High- Speed Glasfaserverkabelung und hochpaarige Telefonkabel.

**HAUPTLEISTUNGS-MERKMALE**

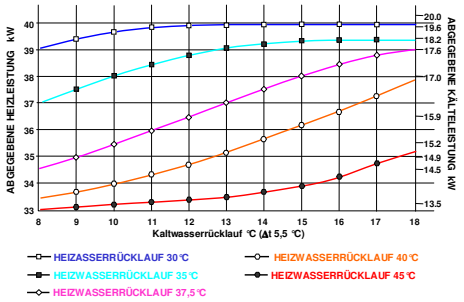
- Umweltverträgliche Wärme- und Kälteversorgung im 4-Leitersystem.
- Bestehend aus 4 stufiger Gas-Absorptionswärmepumpe mit NT- Spitzenlastheizkessel.
- Saugpumpen fördern aus 15 Metern Tiefe das Brunnenwasser für Heiz- und Kühlzwecke.
- Nennheizleistung 380 kW (verbrauchsseitig 70/35°C)
- Nennkälteleistung 70 kW (verbrauchsseitig 6/12°C)
- Hydraulische Entkopplung durch Plattenwärmetauscher und Heizwasserschichtspeicher.

## Gas- Absorptionswärmepumpenprozess



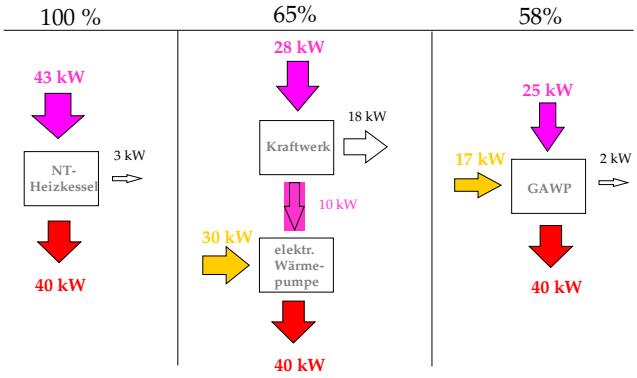

Zyklus: direktbefeuert, einstufig
Stoffpaar: $NH_3/H_2O$
Multigasbrenner, Abgasanschluss

## Leistungskurven




Konst. Durchfluss im Heizwasserkreis (ΔT 10/15 Kelvin)
Max. Heizwasseraustritt: + 60°C
Min. Solewasseraustritt: - 5°C

## Primärenergieeinsatz / Heizzahl



**Einsatz in Verwaltungsgebäuden**

H. Koch, York International Corporation,
Mannheim

Der Einsatz von gasbefeuerten Absorptions-Flüssigkeitskühlern für Klimatisierung steht in Deutschland noch vor dem Durchbruch.

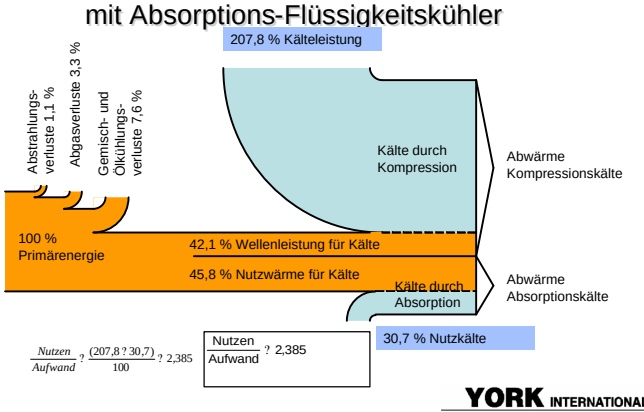
Robuste und einfache Planungen der Ingenieurbüros können mit der Unterstützung der Gasversorger zu wirtschaftlichen Sommertarifen kombiniert werden.
Bei der Auswahl des Herstellers des Herzstücks der Anlage – dem Absorptions-Flüssigkeitskühler – ist auf die Qualität und langjährige Verfügbarkeit der Serviceorganisation zu achten. Auch bei hoher Qualität der Kältemaschine können Störungen in den bauseitigen Peripheriesystemen zu Ausfällen führen, die in Zusammenarbeit gelöst werden müssen.

Bewährte Absorptionstechnik mit dem Stoffpaar Lithiumbromid / Wasser, verbunden mit dem hohen Wirkungsgrad der zweistufigen Geräteausführung und der langjährigen Zusammenarbeit mit der Serviceorganisation des Herstellers führen zu hoher Kundenzufriedenheit.

Die Präsentation soll dabei unterstützen sichere Gesamtsysteme zu entwerfen und zu betreiben.

Bilder Vortrag Herr Koch

## Gasmotorisch angetriebener Turbo-Flüssigkeitskühler YB mit Absorptions-Flüssigkeitskühler




$$\frac{Nutzen}{Aufwand} ? \frac{(207{,}8 ? 30{,}7)}{100} ? 2{,}385$$

YORK INTERNATIONAL CORPORATION

## Absorption einstufig Modell YIA

YORK INTERNATIONAL CORPORATION

## Spezifikation Modell YIA

- 200-4,850 kW Leistungsbereich
- 0.7 COP
- Beheizung mit Dampf oder
- Beheizung mit Warmwasser ab 80°C

YORK INTERNATIONAL CORPORATION

**Erdgas,**

**Dampf**

Absorption zweistufig YPC

YORK INTERNATIONAL CORPORATION

## Spezifikation YPC-F direktbefeuert Gas

- Kühlen
  - –700 - 2,380 kW Kälteleistung
  - –1.11 COP LHV
- Heizen
  - –560 – 1970 kW Heizleistung
  - –Heizwasser Vorlauf max. 79.4°C

YORK INTERNATIONAL CORPORATION

# Gasabsorptionsgerät

- Kühlen 106 – 352 kW
- Kühl Vorlauf min. 7°C
- Heizen 86 – 286 kW
- Heiz Vorlauf max. 60°C
- 7 Modelle
- Einfache Installation im Gebäude
- Qualitätsservice auf Lebensdauer

YORK INTERNATIONAL CORPORATION

# Block Kühlwasserpumpen mit Bypassventil (sicherer Betrieb in Übergangszeit)

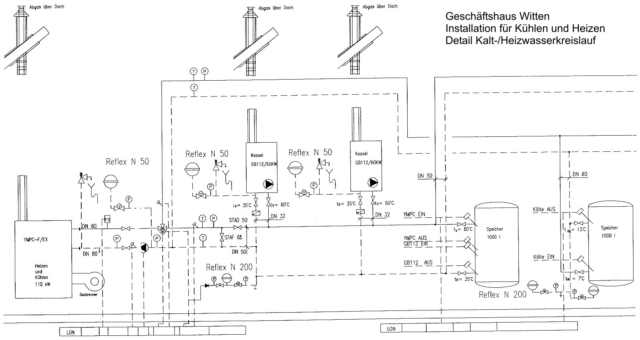
YORK INTERNATIONAL CORPORATION

# Kombinierte Gebäudenutzung

## Kühlen / Heizen 106 / 86 kW

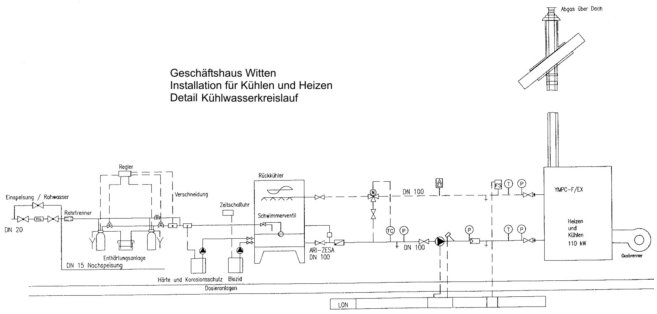
YORK INTERNATIONAL CORPORATION

# Kalt - / Heizwasserschema




YORK INTERNATIONAL CORPORATION

# Kühlwasserschema




YORK INTERNATIONAL CORPORATION

## Absorption mit Gas

- **Kühlen UND Heizen**
- **Bewährt**
- **Betriebssicher**
- **Geräuscharm**
- **Zukunftssicher**
- **Wirtschaftlich**

YORK INTERNATIONAL CORPORATION

Autorenverzeichnis

A. Prohl, Vorstandsmitglied Vertrieb und Technik,
GASAG Berliner Gaswerke AG, Reichpietschufer 60 - 62 , 10785 Berlin

H.-M. Wonneberger, Leiter VBI-Fachgruppe Technische Ausrüstung,
Parzellenstraße 82, 03046 Cottbus

C. Müller, Vorsitzender des ASUE-Arbeitskreises„Gaswärmepumpen und Kältetechnik“, Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG, Großeislinger Str. 30, 73033 Göppingen

G. Mertz, Geschäftsführer Fachinstitut Gebäude-Klima e. V., Bietigheim-Danziger Straße 20, 74321 Bietigheim-Bissingen

Dr. C. Voigt, Stulz GmbH Klimatechnik, Holsteiner Chaussee 283,
22457 Hamburg

W. Lenhart, Stadtwerke Neuss Energie und Wasser GmbH,
Hammer Landstr. 45, 41460 Neuss

Dr. H. Krause, MITGAS Mitteldeutsche Gasversorgung GmbH,
Industriestr. 10, 06184 Gröbers

T. Sippel, Gesellschaft für GasKlima mbH, Robert-Bosch-Str. 17a,
63477 Maintal

H. Koch, York International Corporation, Gottlieb-Daimler-Straße 6,
68165 Mannheim

Moderation:

G. Mertz, Geschäftsführer Fachinstitut Gebäude-Klima e. V., Bietigheim-Danziger Straße 20, 74321 Bietigheim-Bissingen

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?)***