ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

Heizen - Kühlen - Klimatisieren mit Gaswärmepumpen

Fachtagung

5. Oktober 2004, Kaiserslautern

Materialien

Veranstalter/Herausgeber:

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

In Zusammenarbeit mit:

Gasanstalt Kaiserslautern AG
Bismarckstr. 14
67655 Kaiserslautern

Saar Ferngas AG
Am Halberg 3
66026 Saarbrücken

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

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

LGW Landesverband der Gas- und Wasserwirtschaft
Rheinland-Pfalz e. V.
Weberstr. 1
55130 Mainz

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

Reinhard Schüler, Präsident der ASUE, Kaiserslautern

Helmut-Matthias Wonneberger, Leiter VBI-Fachgruppe Technische Ausrüstung, Cottbus

Heizen, Kühlen, Klimatisieren – Energieträger Erdgas

Cord Müller, Vorsitzender des ASUE-Arbeitskreises „Gaswärmepumpen u. Kältetechnik“, Göppingen

Klimatisieren mit Erdgas

- Grundlagen, Notwendigkeit, Systeme
Günther Mertz, Geschäftsführer Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Bietigheim-Bissingen

- Planung und Installation von gasmotorischen Klimageräten
Matthias Gruss, Mitsubishi Heavy Industries, München

Lösungen zum Heizen und Kühlen: Einsatzfälle am Beispiel Gasmotorische Multisplitgeräte

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

- Einsatz im Jugendzentrum Hohenweiden, Aktuelle Messergebnisse
Dr. Harald Krause, MITGAS, Gröbers
(vorgestellt von B. Utesch, ASUE, Kaiserslautern)

Gasabsorptionsgeräte

- Gasabsorptionswärmepumpen im Kommunikationszentrum Fulda
Klaus Moll, Gas- und Wasserversorgung Fulda GmbH

- Neue Gasabsorptionswärmepumpen
Siniša Šćepanović, Robur, Italien

- Einsatz in der Industrie aus Sicht des Planers
Arno Hölzlein, Bamberg

Grußwort

Reinhard Schüler, Präsident der ASUE und Mitglied des Vorstandes der Gasanstalt Kaiserslautern AG

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

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

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung ist es für die Gasanstalt Kaiserslautern AG und die Saar Ferngas AG erfreulich, als Mitveranstalter gemeinsam mit der ASUE eine solch wichtige Fachtagung durchzuführen, 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.

Eine wichtige Facette in der Arbeit der Gasanstalt ist die Förderung innovativer und umweltfreundlicher Technologien. Veranstaltungen wie die heutige Fachtagung nehmen wir deshalb gerne zum Anlass, unsere Erfahrungen weiter zu geben und auch von anderen zu lernen.

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

Grußwort

Helmut-Matthias Wonneberger, Leiter VBI-Fachgruppe Technische Ausrüstung, Cottbus

Im Verband Beratender Ingenieure VBI sind die Ingenieure organisiert, die unabhängig von Hersteller- und Lieferinteressen ihre Leistungen anbieten. Weil die verantwortungsvolle Nutzung der verfügbaren Ressourcen eine der großen Herausforderungen für Planer ist, unterstützt der VBI diese Tagung der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V – ASUE. Die rationelle Energieanwendung ist eine Herausforderung, nicht nur für Planer, sondern auch für Bauherren und Ausführende. Um die Möglichkeiten zu verdeutlichen, die heute bereits mit Serienprodukten möglich sind, sind solche Informationsveranstaltungen notwendig. Hier können die Erkenntnisse und Resultate aus der wissenschaftlichen Begleitung von Einzelvorhaben und auch Pilotanwendungen einem breiten Fachpublikum vorgestellt werden.

Ein nachhaltiger Beitrag zur rationellen Energieanwendung ist nur möglich, wenn eine Breitenanwendung erreicht wird. Zur Umsetzung der vielfältigen Möglichkeiten in die tägliche Planungspraxis sind die Beratenden Ingenieure besonders gefordert, weil in frühen Planungsphasen die Untersuchung von verschiedenen Varianten noch relativ einfach möglich ist.

Die Fachtagung „Heizen – Kühlen – Klimatisieren mit Gaswärmepumpen“ kann als Weiterführung einer schon bewährten Reihe von Veranstaltungen gesehen werden.

Viele innovative Ansätze zur Nutzung regenerativer Energien 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. Die aktuellen Preisentwicklungen für Energie zeigen, dass der frühere Ansatz, dass die Energiepreise langfristig steigen werden, weiterhin gilt. Damit sind auch aus finanzieller Sicht für Investoren energiesparende Lösungen zunehmend interessant.

Neben steigenden Anforderungen an das Raumklima, sollen die energetischen und finanziellen Aufwendungen möglichst gering sein. Somit sind innovative Lösungen gefragt. Auch hat sich die Erkenntnis bei Bauherren und Auftraggebern durchgesetzt, dass nicht nur die Aufwendungen für den Bau und die Errichtung der Gebäude und Anlagen zählen, sondern dass die laufend anfallenden Betriebskosten viel entscheidender für die Rentabilität einer Investition sind. Die Komplexität neuer Gebäude und die architektonischen Gestaltungsvorgaben stellen hohe Anforderungen an eine qualifizierte Planung. Allerdings bieten sich hierbei aber auch die Einsatzmöglichkeit von neuen kombinierten Verfahren bei denen sowohl Heizen als auch Kühlen möglich ist.

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 Lösungsvarianten, die passende auszuwählen. Dabei müssen für einen konkreten Einsatzfall die genauen Anlagen- und Betriebsparameter 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 An-

lage 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. Die heutige Tagung wird zeigen, dass es bereits heute serienmäßig hergestellte Anlagen gibt, die bei guten energetischen Kennzahlen Heizen und Kühlen können. Wichtig ist es, dass aus guten Einzelanwendungen möglichst viele Anwendungen erwachsen.

Heizen, Kühlen, Klimatisieren – Energieträger Erdgas

Cord 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 <u>einem</u> Innengerät bewerkstelligt werden kann, ist die GHP mit dem VRV-System wirtschaftlich besonders interessant.

Kostenvergleich

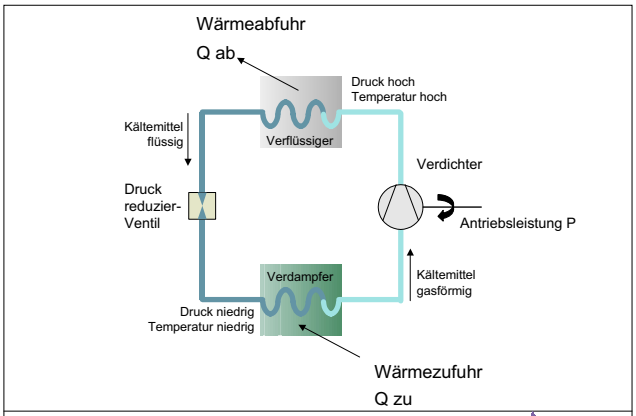
Mit der Nutzung der Heiz- und Kühlfunktion mit nur einem Gerät gehen wirtschaftliche Vorteile einher. Anhand von zwei Beispielen sollen diese Vorteile am Beispiel der GHP mit VRV-System und dem Absorber aufgezeigt werden.
Üblicherweise wird heutzutage für Heizzwecke ein Erdgaskessel und für Kühlzwecke ein elektrisch angetriebener Kaltwassersatz verwendet. Für den Kostenvergleich wird dies mit einer GHP mit dem VRV-System verglichen, welches zum Heizen und Kühlen eingesetzt wird. Als drittes System soll im Kostenvergleich die elektrische Wärmepumpe (EWP) mit dem VRV-System betrachtet werden. Der Kostenvergleich wurde für ein Bürogebäude mit einem Wärmebedarf von 33 kW und einem Kältebedarf von 28 kW angestellt. Für den Gaskessel und für die Kälteerzeugung mit Kaltwassersatz ist eine Investition von 70.000,- EUR erforderlich. Die GHP mit dem VRV-System benötigt eine Investition von 52.000,- EUR, während die Stromvariante mit EWP mit dem VRV-System aufgrund der fehlenden Abwärme (gegenüber der GHP) die höhere Investition von 79.000,- EUR erfordert.
Bei der Betrachtung der zu tätigenden Investitionen wird ein weiterer Vorteil der GHP mit VRV-System deutlich. Durch die Nutzung einer Erzeugungs- und Verteilerstruktur für

die Heiz- und Kühlaufgabe sind geringere Investitionen zu tätigen. Dies verbessert die Wirtschaftlichkeit deutlich, da üblicherweise rationelle Energietechniken mit höheren Investitionen erkauft werden müssen, die sich über Energiekosteneinsparungen refinanzieren müssen. Bei der vorgestellten Technik kommen zu den vorhandenen Energiekosteneinsparungen noch die Einsparungen bei den Investitionen hinzu!
Dieser Effekt erklärt auch die deutlichen Einsparungen der GHP bei einer Vollkostenrechnung (**Bild 21**) nach der VDI-Richtlinie 2067. Die GHP mit VRV-System führt zu Jahreskosten von 8.800,- EUR/Jahr. Die Alternativen mit Gaskessel und Elektrokaltwassersatz sowie die elektrische Wärmepumpe führen jeweils zu Jahreskosten von etwa 10.700,- EUR/Jahr bzw. 11.000,- EUR/Jahr. Der Jahreskostenvorteil der GHP liegt bei diesem Projekt bei fast 2.000,- EUR/Jahr.
Bei der Beheizung und Kühlung von Einkaufszentren kann der Einsatz von nur einem Gerät zu wirtschaftlichen Vorteilen führen. Für ein Einkaufszentrum wurden umfangreiche Investitions- und Betriebsvergleiche durchgeführt. Im Ergebnis kam ein Absorber zum Kühlen und Heizen zum Einsatz. Am Beispiel dieser installierten Anlage soll der Kostenvergleich exemplarisch dargestellt werden.
In dem Projekt war zu entscheiden, ob ein mit Erdgas betriebener Absorber oder ein elektrischer Kaltwassersatz und ein Fernwärmeanschluss installiert werden soll (**Bild 22**). Für den Einsatz des Absorbers waren höhere Investitionen von 150.000 EUR erforderlich, die sich über die Energiekosteneinsparung refinanzieren mussten. Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit erfolgte anhand einer statischen Amortisationsrechnung und betrug, mit jährlichen Energiekosteneinsparungen von 65.000 EUR, etwa 2 Jahre und 4 Monate. Nach dieser Zeit war das Mehr an Investition durch das Weniger an Energiekosten ausgeglichen.
Dieses Beispiel stammt aus der Mitte der 90er Jahre mit dem seinerzeitigen hohen Strompreisniveau zu Zeiten vor der Einführung des Wettbewerbes auf dem Strommarkt. Die durch gesetzliche Vorgaben ausgelöste Abschaffung des Anbietermonopols und die Einführung marktwirtschaftlicher Regeln im Strommarkt führte in der Folge zum Absinken der Strompreise bis auf teilweise unter 50 % des Monopolniveaus. Zum Teil wurde Strom unter Selbstkosten und zu Grenzkosten verkauft mit dem Ziel, Kunden zu halten oder zu gewinnen. Mit dem Anstieg der Rohölpreise kam es zeitgleich zu einem Anstieg der Erdgaspreise, da diese an die Entwicklung der Heizölpreise gekoppelt sind.
Der Wirtschaftlichkeit des Absorbers (**Bild 23**) waren diese Entwicklungen nicht zuträglich, da das zu ersetzende Produkt Strom billiger und das Ersatzprodukt Erdgas teuer wurde. Mit dieser aufgehenden Kostenschere ging die Einsparung zu Hochzeiten der Strompreisnachlässe zurück auf jährlich etwa 6.000,- EUR. In der Folge wäre die Amortisationsdauer auf nicht akzeptierbare 25 Jahre angestiegen, wenn zu diesem Zeitpunkt die Wirtschaftlichkeit berechnet worden wäre.
Heute steigen die Strompreise wieder, da auf Dauer der Verkauf eines Produktes zu Grenzkosten zum wirtschaftlichen Ruin führt. Das Strompreisniveau der Monopolzeiten wird wohl zukünftig nicht mehr zu erwarten sein. Darüber hinaus ist ein, wenn auch leichtes, Absinken der Erdgaspreise festzustellen. Diese Entwicklungen führen heute wieder zu akzeptablen Einsparungen beim Absorberbetrieb. Die Amortisationszeiten des Beispiels mit heutigen Randbedingungen liegen bei etwa 9 Jahren (**Bild 23**).
Wie beim Einsatz von rationellen Energietechniken häufig erforderlich, wird das Mehr der Investition durch das Weniger beim Betrieb von Absorbern wieder kompensiert, so dass sich in der Summe ein wirtschaftlicher Vorteil ergibt. Die zukünftigen Entwicklungen werden diesen positiven wirtschaftlichen Trend für die Absorber verstärken.
Dieses Beispiel zeigt aber auch deutlich die Schwierigkeit bei der wirtschaftlichen Beurteilung von Projektalternativen. Bei der Schaffung von langlebigen Anlagen sollte eine kurzfristige Marktänderung nicht die Berechnung der Wirtschaftlichkeit dominieren. Im vorgestellten Beispiel hätte ohne Absorber nur ein Vorteil für wenige Jahre erzielt wer-

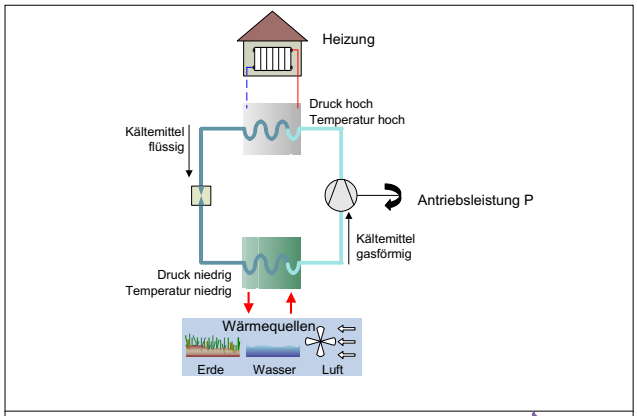
den können, die überwiegende Zeit hätte der Betrieb ohne Absorber zu wirtschaftlichen Nachteilen geführt!

Fazit und Zusammenfassung

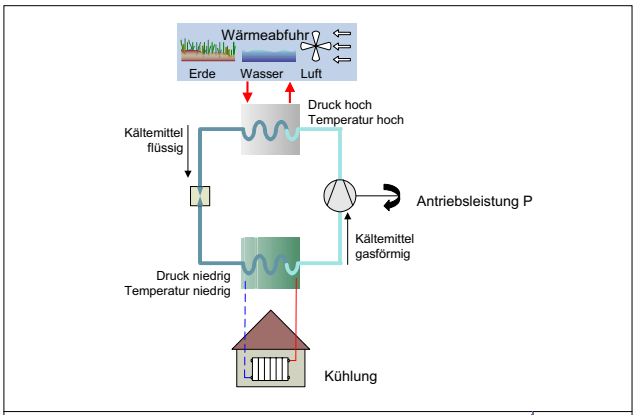
Der Bedarf zur Kühlung und Klimatisierung in Gebäuden wird in Deutschland immer größer. Großer Bedarf ist insbesondere im Bereich bis zu einer Kühlleistung von 100 KW gegeben. Bisher werden hierfür überwiegend elektrisch angetriebene Geräte eingesetzt. Eine kostensparende und primärenergetisch vorteilhafte Alternative sind durch „Gas Heat Pumps“, kurz GHP, gegeben. Diese neue Generation gasmotorisch angetriebener Klimageräte wurde in Japan entwickelt und wird von zwei japanischen Herstellern über deutsche Vertriebspartner seit einem Jahr angeboten. Die GHP kann zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden. Die Kombination von Heizen und Kühlen mit einem System macht die GHP deutlich wirtschaftlicher als getrennte Anlagen für Kühlung und Wärmeversorgung.
Das Heizen, Kühlen und Klimatisieren mit den verfügbaren gasmotorischen Anlagen und Absorbern sowie dem Energieträger Erdgas ist realisierbar. Die Techniken sind erprobt und ausgereift. Sie haben über viele Jahre die Praxistauglichkeit bewiesen. Das Angebot an verfügbaren Geräten ist schon heute beachtlich und wird ständig größer.
Der gasmotorische Kaltdampfprozess sowie der Absorptionsprozess haben gegenüber den konventionellen Systemen (strombetriebener Kaltdampfprozess) den Vorteil der Einsparung an Energie. In Verbindung mit Erdgas können die Emissionen an Klimagasen und Luftschadstoffen deutlich reduziert werden.
Ökonomisch sind in vielen Fällen die gasmotorischen Anlagen und Absorber eine interessante Alternative gegenüber der herkömmlichen Technik. Der Grund für eine bisher etwas zögerliche Verbreitung ist sicherlich in der mangelnden Kenntnis und in Informationsdefiziten zu suchen. Zur Realisierung ist entsprechend fundiertes Wissen über den Aufbau und die Auslegung erforderlich, so dass der spätere Betreiber vor Problemen bewahrt wird.
Heizen und Kühlen mit einem Gerät generiert Vorteile. Die finanziellen Aufwendungen für die Beheizung und die Kühlung der Gebäude können hiermit reduziert werden und liefern einen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Darüber hinaus wird die Umwelt nachhaltig und dauerhaft entlastet.



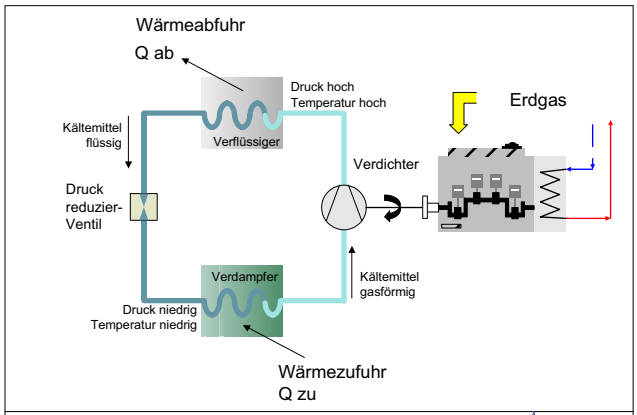
Kaltdampfprozess



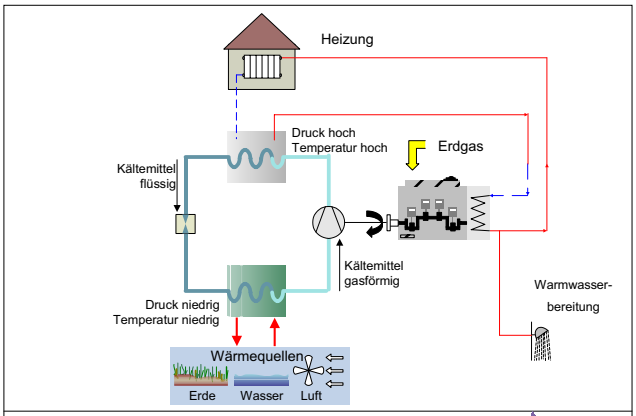
Kaltdampfprozess
Heizfunktion = Wärmepumpe



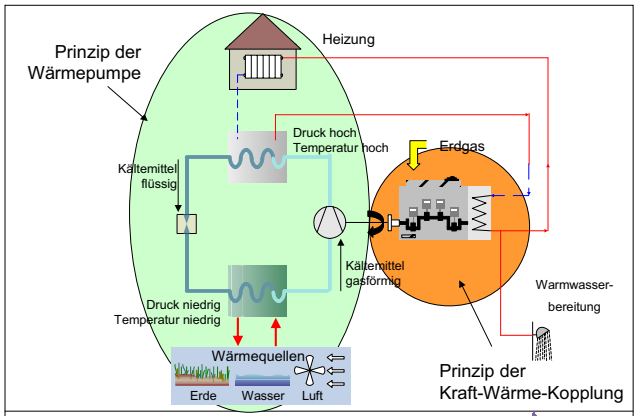
Kaltdampfprozess
Kühlfunktion = Kälteanlage



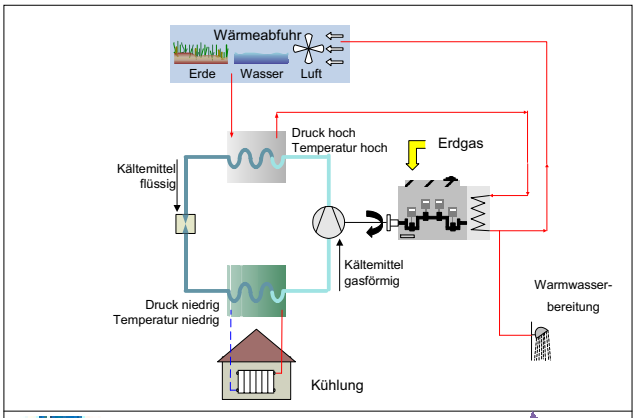
Gasmotorischer Kaltdampfprozess



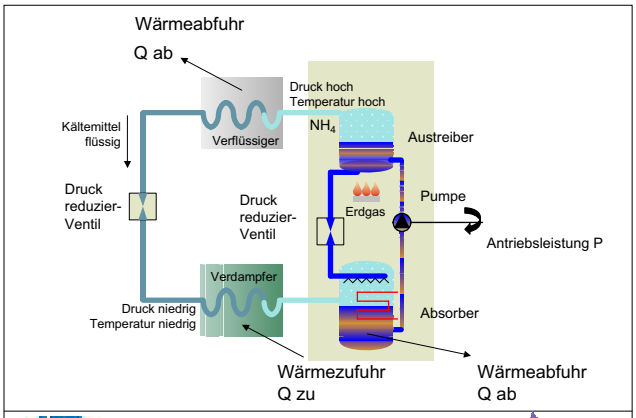
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Heizfunktion = Wärmepumpe



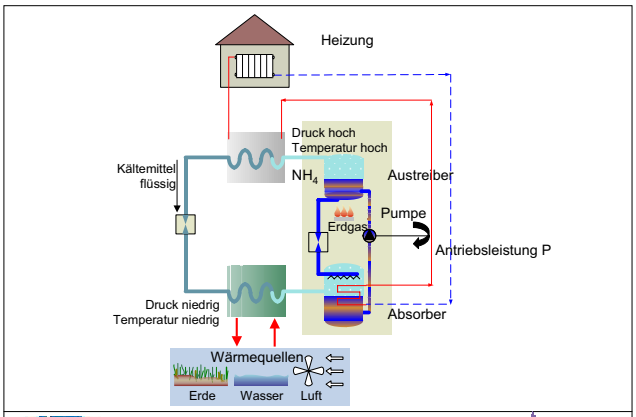
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Kraft-Wärme-Kopplung & Wärmepumpe



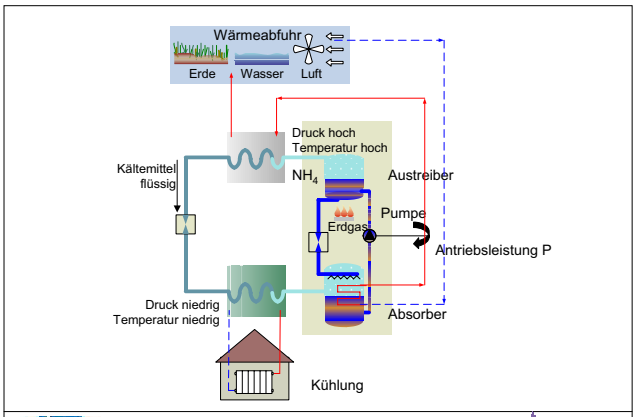
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Kühlfunktion = Kälteanlage



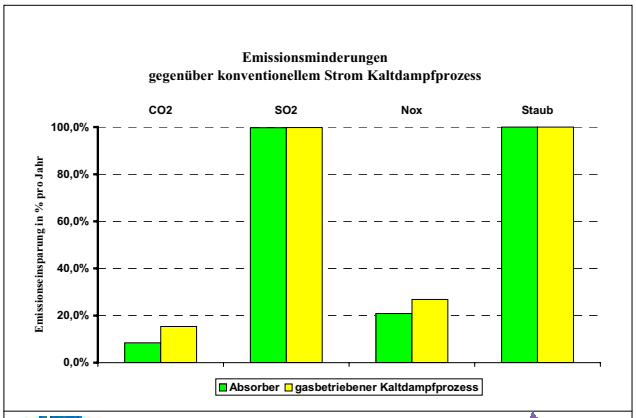
Absorptionsprozess



Absorptionsprozess
Heizfunktion = Wärmepumpe



Absorptionsprozess
Kühlfunktion = Kälteanlage



Umweltvorteile

Anwendungsbeispiele
Absorber

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

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

Anwendungsbeispiele
Gasmotorische Kaltdampfanlagen

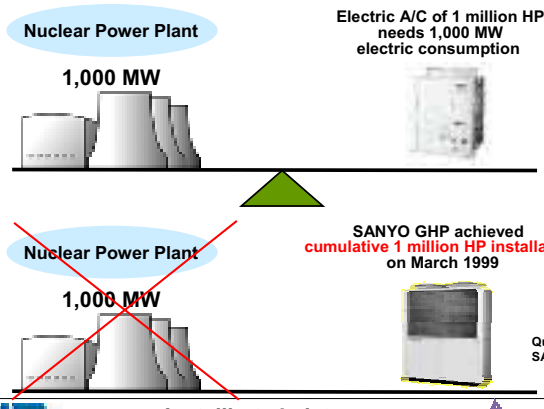
Increase in electric power demand & oil crisis
Diversification of energy source

Development

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

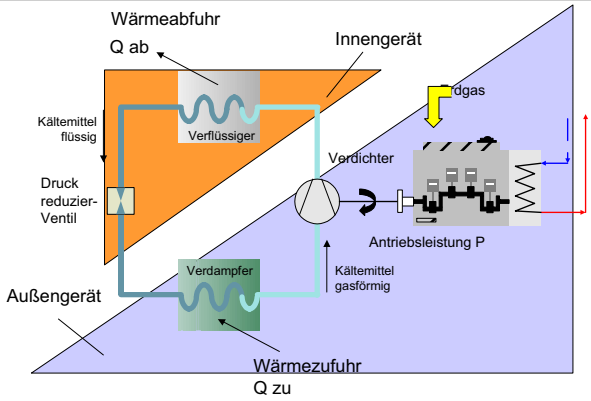
Quelle: SANYO

Entwicklungsgeschichte
Gas Heat Pumps (GHP)

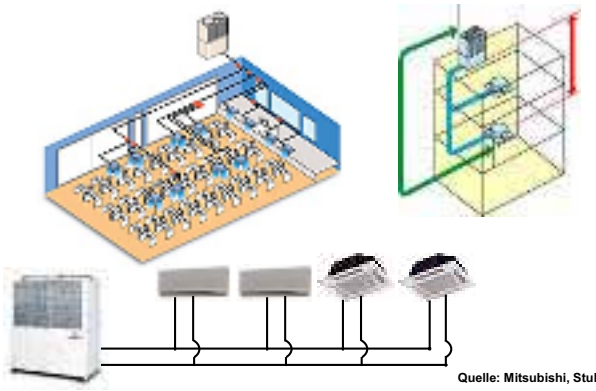


Quelle: SANYO

Installierte Leistungen
Gas Heat Pumps (GHP)

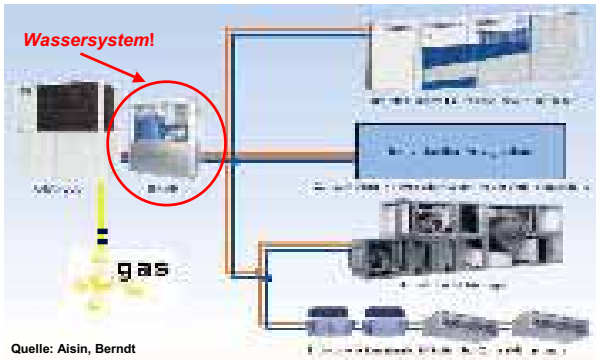


Funktionsprinzip GHP:
Räumliche Trennung des Prozesses



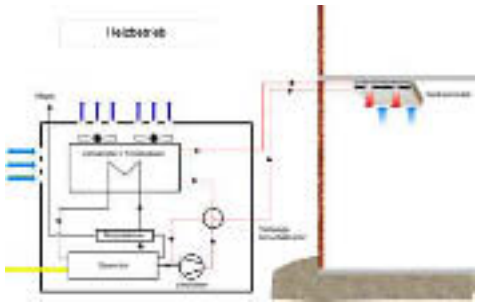
Quelle: Mitsubishi, Stulz

GHP - Realisierung

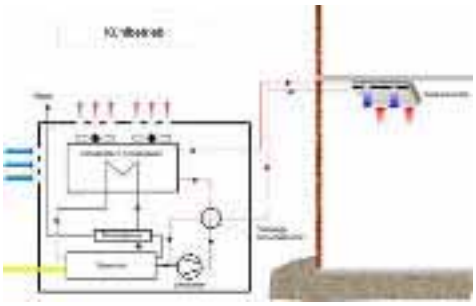


Quelle: Aisin, Berndt

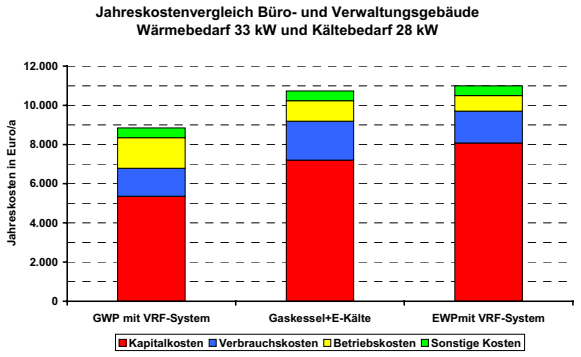
GHP - Hydraulikmodule



GHP im Heizbetrieb



GHP im Kühlbetrieb



Wirtschaftlichkeit GHP Vollkostenvergleich

1. Heizen und Kühlen eines Einkaufszentrums

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

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

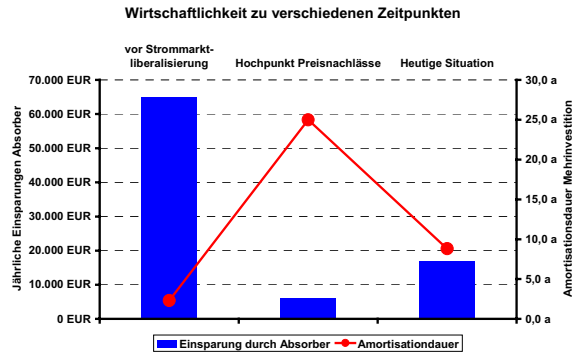
2. Vergleich Absorber mit strombetriebenem Kaltwassersatz:

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

3. Wirtschaftlichkeitsberechnung (stat. Amortisation):

Amortisation Mehrinvestion: 2,3 Jahre

Wirtschaftlichkeit Absorber Investition und Amortisation



Wirtschaftlichkeit Absorber Entwicklungen bis Heute

Klimatisieren mit Erdgas
Grundlagen, Notwendigkeit, Systeme

Günther 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 ent-

zogen 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 Entfeuchtungsfunktionen sind die Geräte heute in der Lage, über die Innenteile Außenluft zuzuführen, eine individuelle

Regelung für jeden Raum zu realisieren und weisen einen geringen Schalldruckpegel der Innenteile auf.

Kombinierte Geräte auf Erdgasbasis

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

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

Klimatisieren mit Erdgas

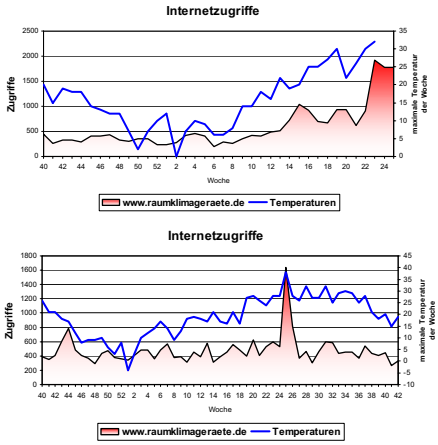
Grundlagen, Notwendigkeit, Systeme

Günther Mertz
Geschäftsführer
Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.

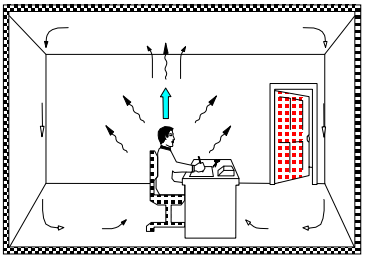
Behaglichkeit

2003

2002



Die Wärmeentwicklung des Menschen



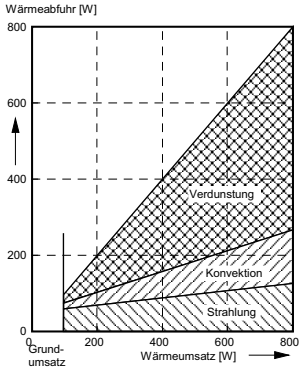
→ **Luftbewegung**

⇝ **Wärmeabgabe durch Strahlung**

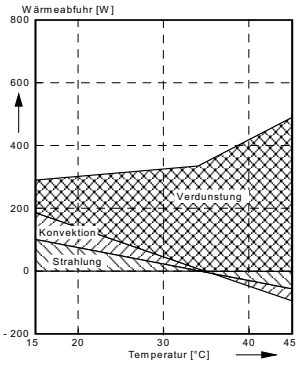
➡ **Wärmeabgabe durch Konvektion einschließlich Verdunstung**

Die Wärmeentwicklung des Menschen

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



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



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

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

A- Aktivitätsgrad des Menschen

B- Bekleidung des Menschen

R- Raumlufttemperatur

R- Raumluftfeuchtigkeit

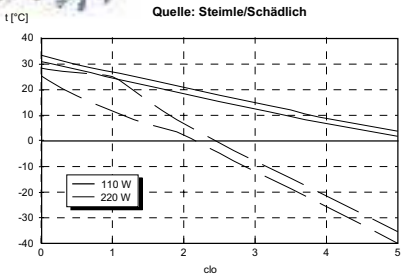
R- Raumluftgeschwindigkeit

T- Temperatur der Umschließungsflächen

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

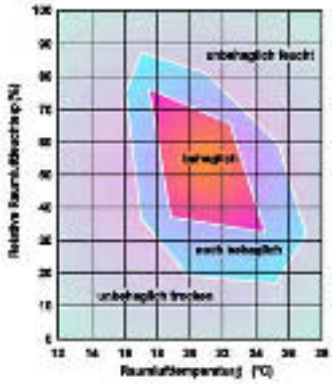
Clo unit [clo]	Art der Bekleidung	Wärmedurchlass -widerstand [m²K/W]
0	keine	-
0,1	leichte Turnhose und Unterhemd	0,0154
1	leichter Straßenanzug	0,154
2	normale Winterbekleidung	0,308
5	Polarkleidung	0,77

Quelle: Steimle/Schädlich



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

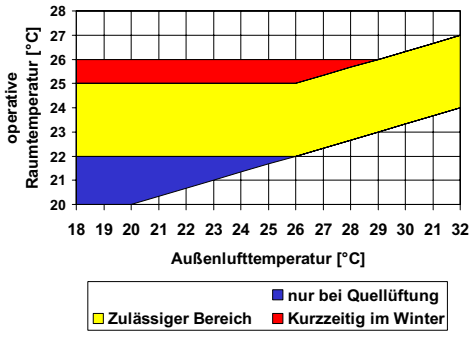
Bereich behaglicher Temperatur und Raumluftfeuchte



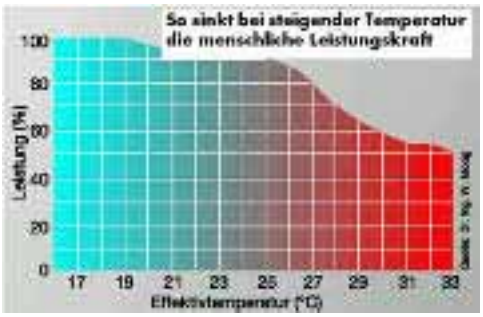
Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Raumtemperatur bei klimatisierten Gebäuden

Zulässige Raumlufttemperaturen DIN 1946 Teil 2



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

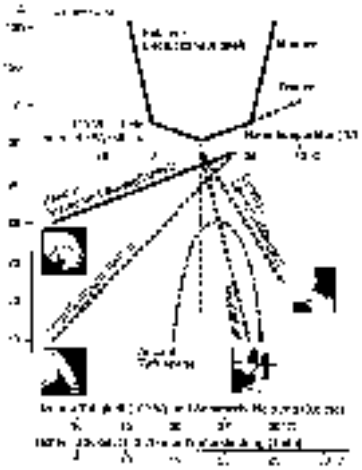


Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und:

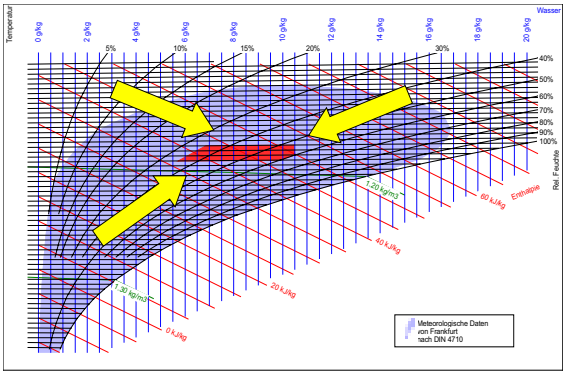
- Beweglichkeit
- Fingerfertigkeit
- Arbeitsfähigkeit
- Unglückshäufigkeit

Quelle David Wyon



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

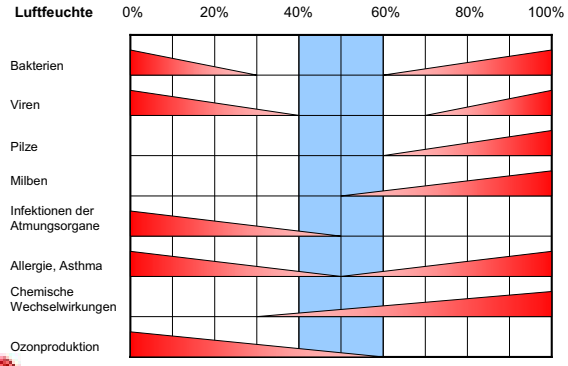
Behaglichkeitsfeld und Wetterdaten im hx-Diagramm



Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946 Teil 2

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Raumluftfeuchte und menschlich-biologische Wechselwirkungen



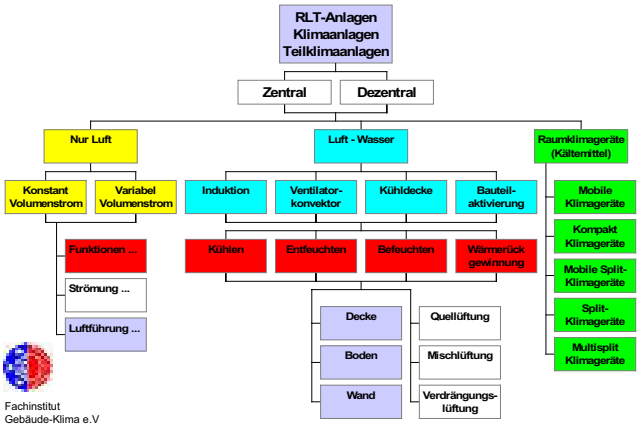
Gegenüberstellung der hygienischen Wirkungsänderungen in Abhängigkeit der relativen Raumluftfeuchte

Entwicklung biologischer Organismen und Wechselwirkungen mit menschlichen Organen und der Umgebung

Nach Scofield und Sterling ASHRAE-Journal 34

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Systematik RLT-Anlagen



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Splitklimageräte

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

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

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

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

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

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

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Multi - Splitklimageräte

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

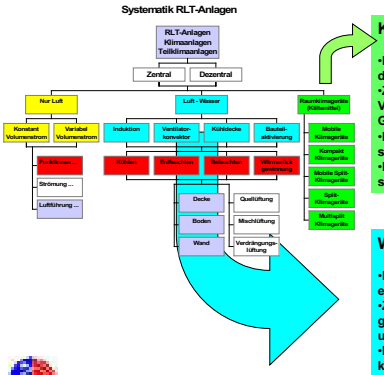
- Platzsparende Installation
- Heizen und Kühlen ist gleichzeitig möglich
- sehr leise im Innenraum
- vielfältige Lösungen und Anordnungen der Innengeräte
- Leistung flexibel. Durch Kombination ist die Versorgung ganzer Gebäude möglich
- auch Raumheizung möglich
- Stromsparender Inverterbetrieb der Verdichter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

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

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

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Systematik von gasbetriebenen bivalenten Klimageräten



Kältemittelkreislauf

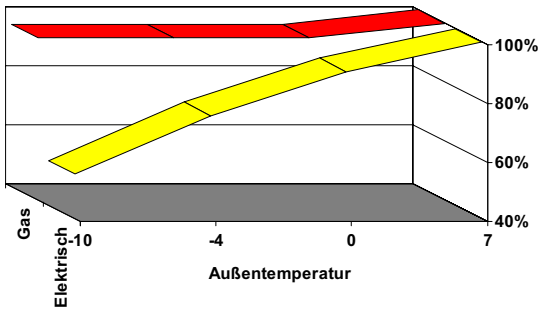
- Energietransport im Gebäude übernimmt das Kältemittel
- Zweileiter, Dreileiter oder Vierleitersystem je nach geforderter Gleichzeitgkeit von Heizen und Kühlen
- Innengeräte für Heiz- und Kühlfunktion sind die gleichen
- Nur konvektive Systeme mit Ventilator sind möglich

Wasserkreislauf

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

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

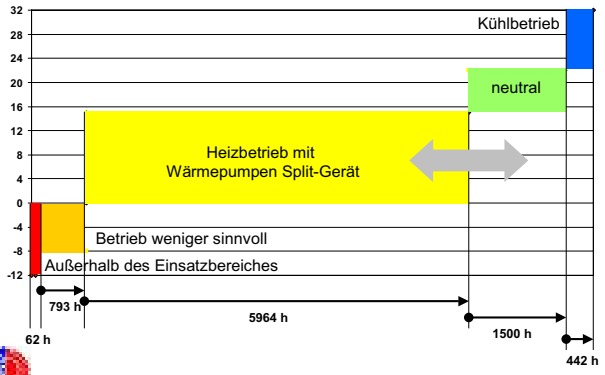
Einsatzbereich für bivalente Systeme steigt durch Gaseinsatz



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

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

Nutzungsdauer eines elektrischen Wärmepumpen-Split-Gerätes

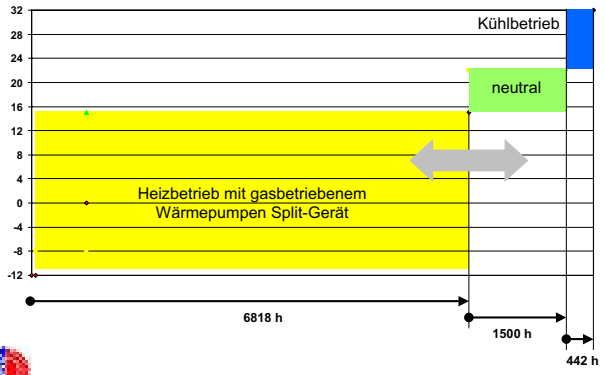


Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

Wetterdaten Frankfurt

Quelle: Iselt/Arndt -Die andere Klimatechnik

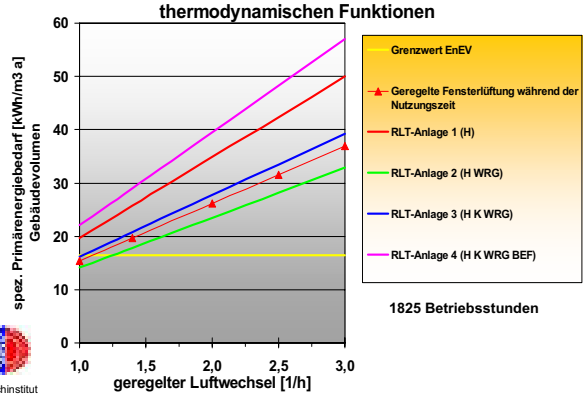
Nutzungsdauer eines gasbetriebenen Wärmepumpen-Split-Gerätes



Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

Wetterdaten Frankfurt

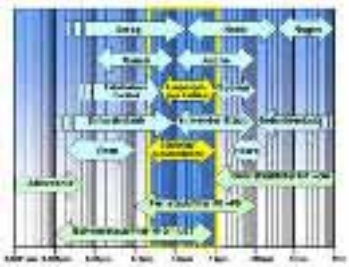
Primärenergiebedarf für Lüftungs- und Klimaanlagen in Abhängigkeit des Luftwechsels und der thermodynamischen Funktionen



1825 Betriebsstunden

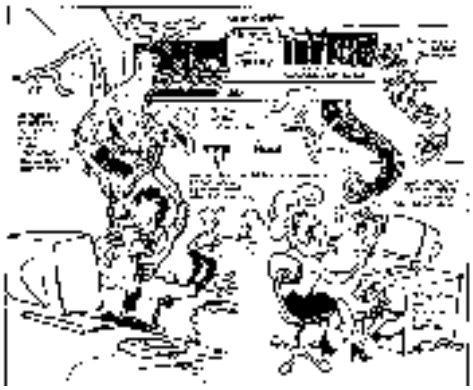
Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

Luftfilterung



Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

Hygiene von Raumlufttechnischen Anlagen



Warum sind Hygienekontrollen in RLT-Anlagen keine Selbstverständlichkeit?

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

Warum sollen RLT-Anlagen hygienebewußt betrieben werden?

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

Komponenten:

Endgeräte (Mischboxen, Induktionsgeräte, Ventilatorkonvektoren):

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

Endgeräte

Einbausituation
Verschmutzung
Filter

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

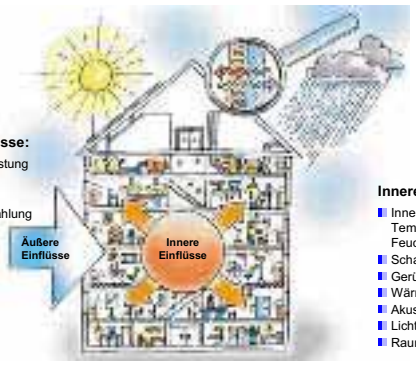
✓ Hygieneanforderungen werden durch eine konventionelle, sachgemäße Wartung im allgemeinen erfüllt.

✗ Kontrollintervalle werden festgelegt.

Einflüsse auf ein Gebäude und die Raumqualität

Gebäude:
- Ausrichtung
- Lage
- Form
- Größe

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



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

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

Planung und Installation von gasmotorischen Klimageräten

Matthias Gruss, Mitsubishi Heavy Industries, München

(Es liegen ausschließlich Bilder vor).

KXGas

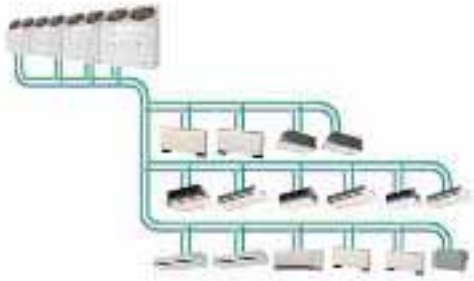
Die umweltfreundliche, ganzjährige Klimaanlage.

Aufbau

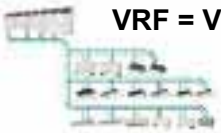
- VRF - Technologien und ihre Produkte
- Vorteil von VRF-Systemen
- Planung und Installation von KX Gas Systemen
- Einsatzmöglichkeiten von KX Gas
- Vertrieb von KX Gas Systemen

VRF-Systeme

KXB-System von MHI



Aufbau VRF-Systeme



VRF = Variable Refrigerant Flow

- Modulares dezentales Klimasystem
- bis zu 20 Inneneinheiten an ein Außengerät
- Innengeräte über eine abzweigende Stammleitung angeschlossen
- alle Inneneinheiten können individuell geregelt werden
- Leistungsanpassung „innen“ über elektron. Exp-Ventile
- Leistungsanpassung „außen“ über Drehzahlregelung u. Zylinderabschaltung

KX Gas-System von MHI

Leistungen

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

DVGW-geprüft und CE-zertifiziert

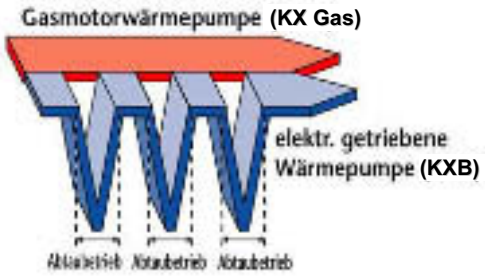
25 Jahre Gasmotorwärmepumpe in Japan

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

Elektrisch versus gasbetriebene Wärmepumpe

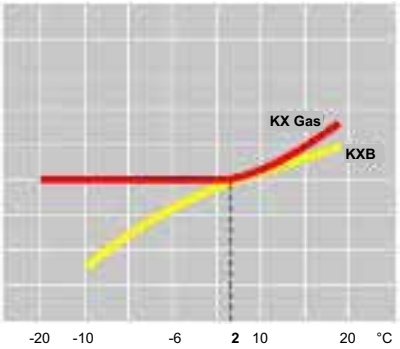
Keine zusätzliche Energie für den Abtauvorgang notwendig.

Kontinuierlicher Heizbetrieb ohne Unterbrechungen durch Abtauzyklen.



Elektrisch versus gasbetriebene Wärmepumpe

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



Energieaufwand der Systeme (1)

	Wasser	Luft	VRF
System-wirkungsgrad	0,75	0,45	0,96

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

KX - Innengeräte

Übersicht Innengeräte

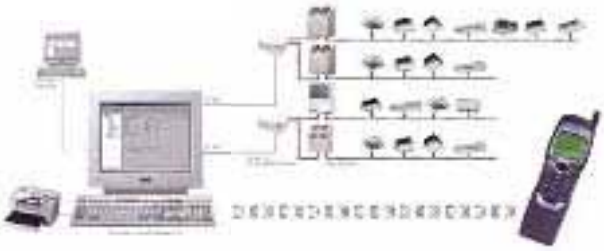
MODELL	22HKX	28HKX	36HKX	45HKX	56HKX	71HKX	90HKX	112HKX	140HKX	224HKX	280HKX
FDTJ	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDTWJ	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDTQJ	☑	☑	☑								
FDTSJ	☑	☑	☑	☑	☑	☑					
FDUMJ		☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDUJ										☑	☑
FDRJ	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDEJ		☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑		
FDKJ	☑	☑	☑	☑	☑	☑					
FDFLJ	☑	☑	☑	☑	☑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

KX - Fernbedienungen

KX - CompTrol

In-House und Fernüberwachung

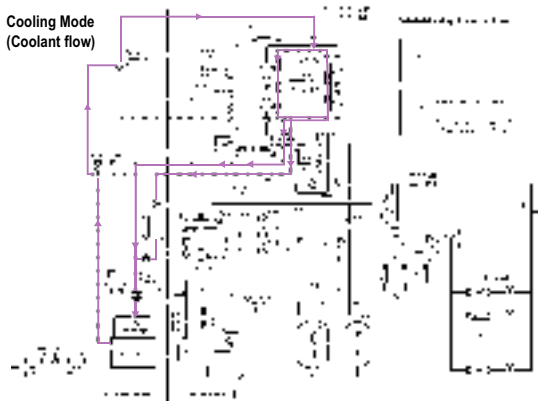
Steuerung und Monitoring von bis zu 768 Innengeräten



KX - LON

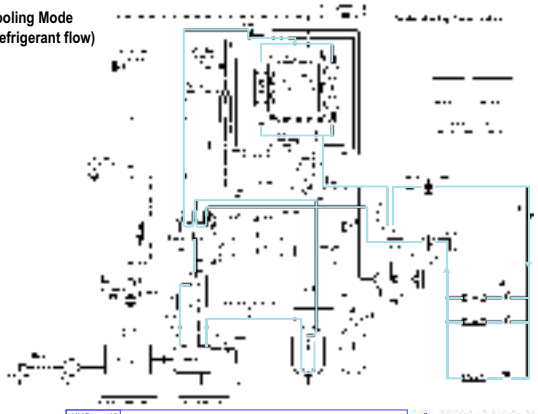
Anbindung an Gebäudemanagement-Systeme
über ein Standard-LONWORKS-Protokoll.

Kühlwasserkreislauf GHCP - Kühlen



Kältemittelkreislauf GHCP - Kühlen

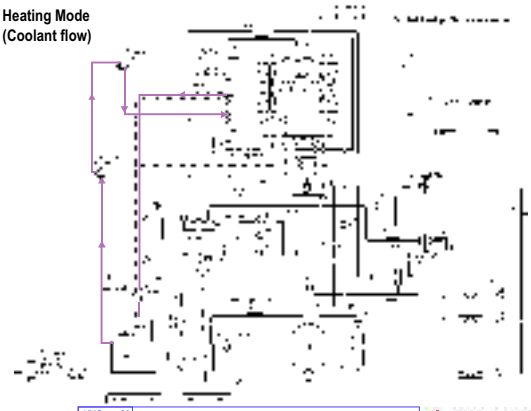
Cooling Mode
(Refrigerant flow)



STULZ macht Klima mit System

Kühlwasserkreislauf GHCP - Heizen

Heating Mode
(Coolant flow)



STULZ macht Klima mit System

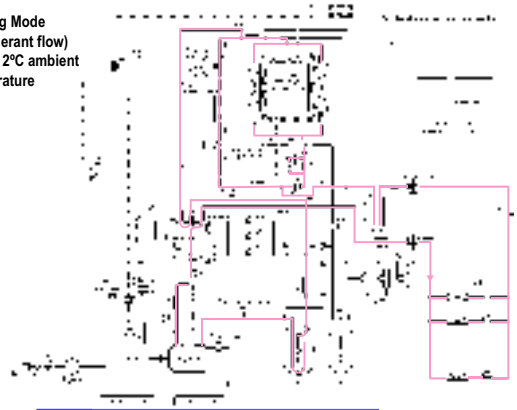
Kältemittelkreislauf GHCP – Heizen < 2°C

Heating Mode
(Refrigerant flow)
Below 2°C ambient
temperature

STULZ macht Klima mit System

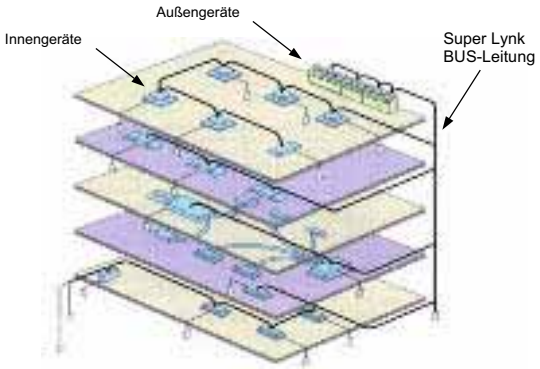
Kältemittelkreislauf GHCP – Heizen > 2°C

Heating Mode
(Refrigerant flow)
Above 2°C ambient
temperature



STULZ macht Klima mit System

Super Lynk System



STULZ macht Klima mit System

Kommunikation durch Super Lynk

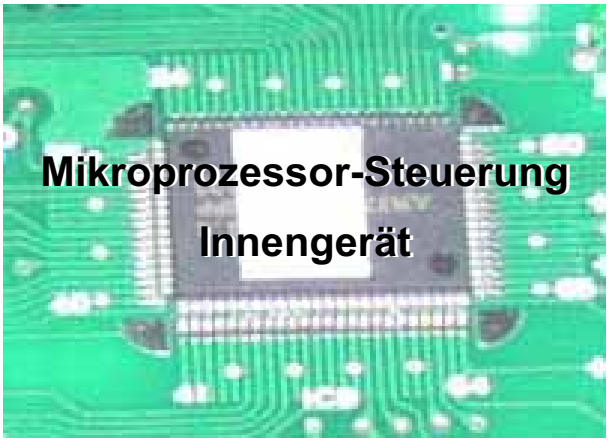
INNENGERÄT

AUSSENGERÄT

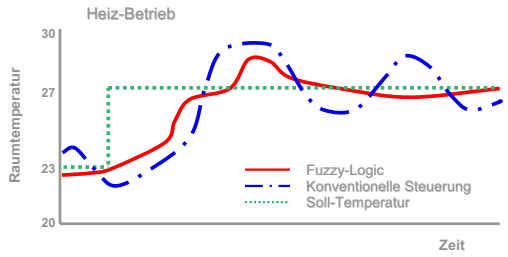
Mikroprozessor-Regelung
mit Fuzzy-Logic

Leistungsregelung
durch Inverter-Steuerung

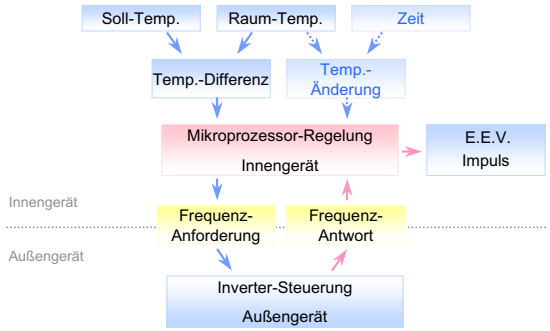
STULZ macht Klima mit System



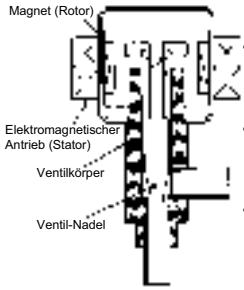
Temperatursprung mit Fuzzy-Logic



Regelung KX Innengerät

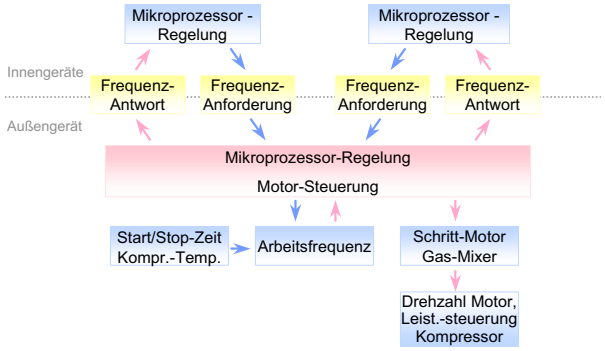


Elektronisches Expansionsventil



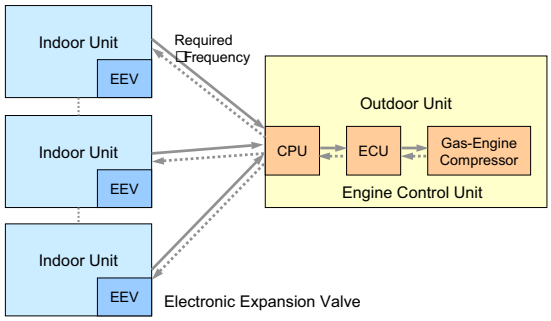
- Exp.-Ventil wird über Schrittmotor angesteuert
- Mikroprozessor regelt Ventilöffnung
- Regelbereich Exp.-Ventil: 0 – 500 Pulse

Regelung KX Gas - Außengerät

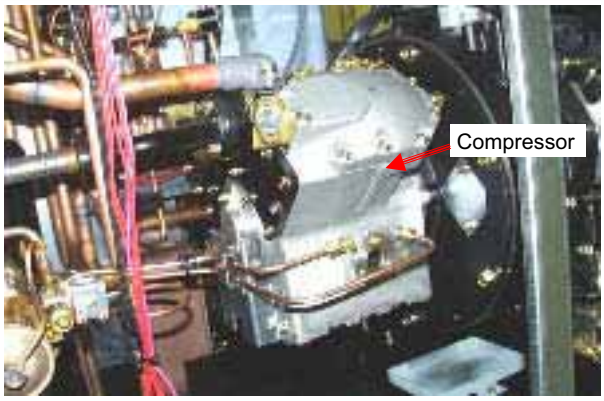


Leistungsregelung

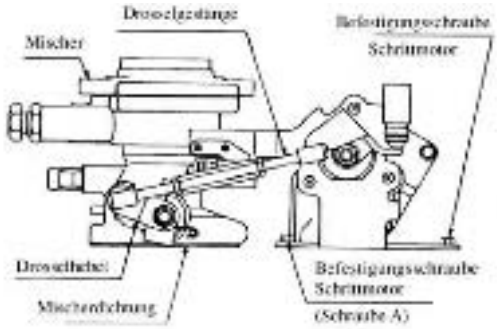
Leistungsanforderung der Innengeräte über Hertz:
Mit steigender Hz-Zahl steigt die angeforderte Leistung



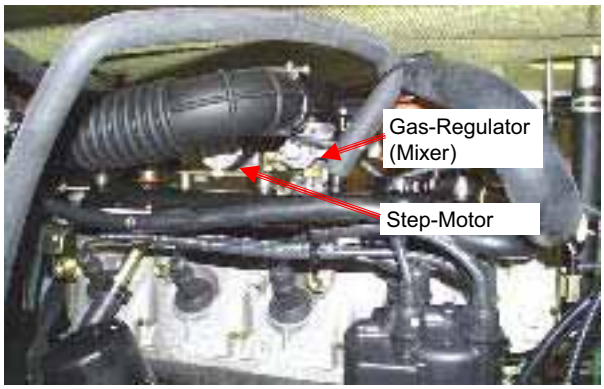
(1) Zylinderabschaltung Kompressor



(2) Drehzahlregelung Gasmotor

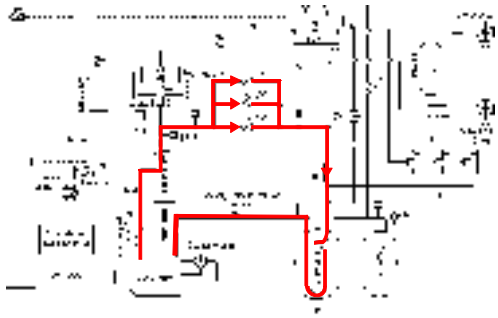


(2) Drehzahlregelung Gasmotor



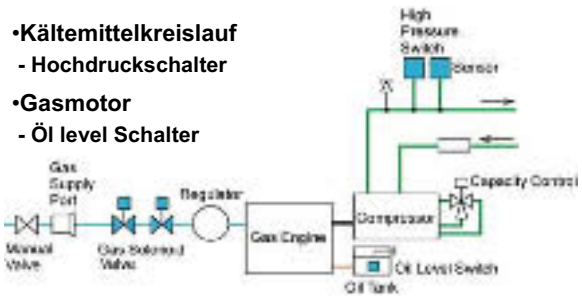
(3) Heißgas-Bypass

Solenoid Valves
SV2,SV3, and SV4
Capacity Control

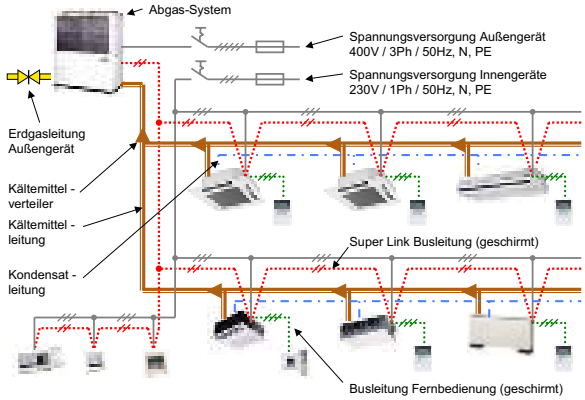


Sicherheitseinrichtungen - GHCP

- **Gasleitung**
  - **Zwei Magnet- Absperrventile**
- **Kältemittelkreislauf**
  - **Hochdruckschalter**
- **Gasmotor**
  - **Öl level Schalter**



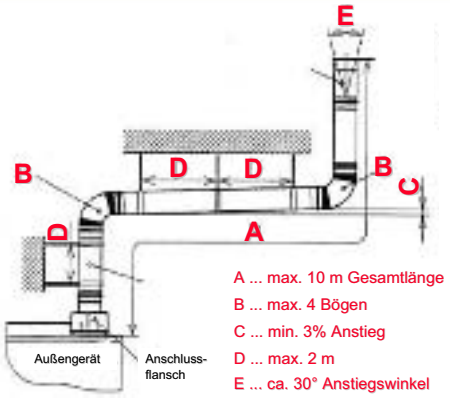
Installation KX Gas System



Gasanschluss

Gasdruck für Erdgas: 22 mbar

Verlängerung Abgasrohr



A ... max. 10 m Gesamtlänge
B ... max. 4 Bögen
C ... min. 3% Anstieg
D ... max. 2 m
E ... ca. 30° Anstiegswinkel

Verlängerung Abgasrohr

HINWEISE

Falls das Außengerät auf Federschwingungsdämpfern aufgestellt ist, kann das Abgasrohr nicht verlängert werden !

Die Abgasleitungen mehrerer Außengeräte dürfen nicht zusammengeführt werden.

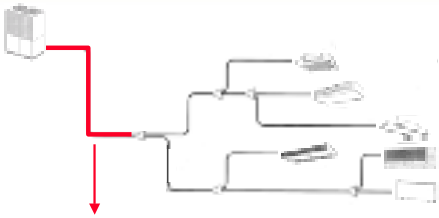
Für das Material und die Installation des Abgasrohres sind lokale Vorschriften einzuhalten.

Der Auslass des Abgasrohres ist vor eindringenden Schnee zu sichern.

ACHTUNG !

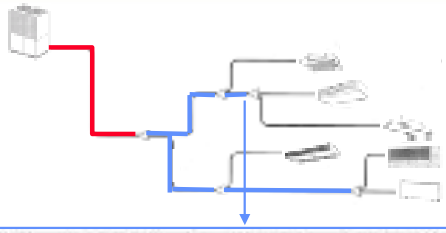
Die Abgase dürfen nicht in geschlossene Räume gelangen !

(1) Anschlussleitung Außengerät



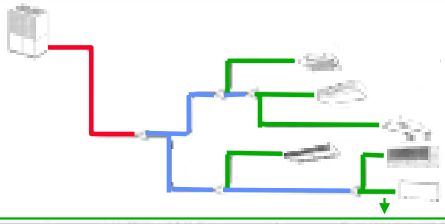
Model	Flüssigkeitsleitung		Gasgasleitung	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

(2) Verteilerleitung und Verteiler-Sets



[illegible]	Flüssigkeitsleitung		Gasgasleitung		Kältemittel-Verteiler-Set	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

(3) Anschlussleitung Innengerät



Model	Flüssigkeitsleitung		Gasgasleitung	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Installationsort Außengerät

Frühe Planungsphase:

Schornsteinfeger

zum Aufstellungsort befragen !

Verfahrensweise Einplanung und Installation KX Gas System

1. Gewünschten Aufstellungsort Außengerät mit Endkunden absprechen
2. Vor-Ort-Termin mit Schornsteinfeger
   -> Aufstellungsort abklären
3. Vor-Ort-Termin mit Gasfachinstallateur
   -> notwendige Gasinstallation absprechen

4. Gasfachinstallateur: -> Antrag Gasanschluss beim GVU/Stadtwerke
5. GVU/Stadtwerke: -> Erteilung Gasanschluss, Ausgabe Gaszähler
6. Gasfachinstallateur: -> Installation Gaszähler + Gasanschlussleitung
7. Kälte/Klima-Installateur: -> Installation KX Gas – Anlage

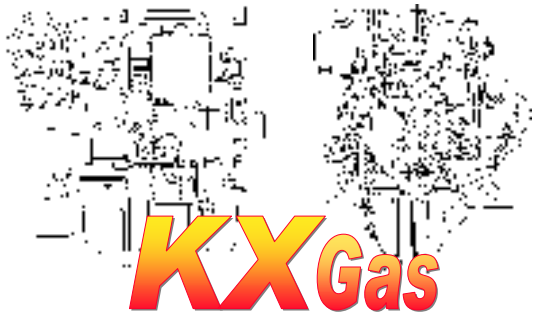
8. Kälte/Klima-Installateur + Gasfachinstallateur:
   -> Inbetriebnahme KX Gas – Anlage
9. Schornsteinfeger: -> Abnahme

Notwendige Installationsmaßnahmen KX Gas System

- Kältemittelleitung zwischen Außen- und Innengeräten
- Kondensatleitung Innengeräte
- Kondensatleitung Außengerät
- Gasinstallation zum Außengerät
- ggf.Abgasleitung Außengerät

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

Wartung



Inspektionsliste

POS	BAUGRUPPE	TÄTIGKEIT
	Gasmotor	
1	Öffnungsleitung	Inspektion
2	Motoröl	Wechsel*
3	Ölfilter	Wechsel*
4	Zündkerzen	Wechsel*
5	Zündkabel	Inspektion
6	Kompressionsdruck Motor	Inspektion
7	Filtereinsatz Kurbelgehäuseentlüftung	Wechsel*
8	Dichtung Kurbelgehäuseentlüftung	Wechsel*
9	Abnormale Betriebsgeräusche	Inspektion
	Gasmotor-Kühlkreislauf	
10	Kühlflüssigkeit	Inspektion
11	Kühlwasserschläuche	Inspektion
12	Gasleitung	Inspektion
13	Luftfilter	Wechsel*

Inspektionsliste

POS	BAUGRUPPE	TÄTIGKEIT
	Zuluft- und Abgassystem	
14	Luftansaugschlauch	Inspektion
15	Abgasleitung	Inspektion
16	Abgaskondensatleitung	Inspektion
17	Kondensatfilter	Inspektion
18	Neutralisationsgranulat Kondensatfilter	Nachfüllung*
19	Filtereinsatz Kondensatfilter	Wechsel*
20	Dichtung Kondensatfilter	Wechsel*
	Kompressor	
21	Kompressor	Inspektion
22	Abnormale Betriebsgeräusche	Inspektion
	Kältekreislauf	
23	Außengerät	übliche Inspektions- und Wartungsarbeiten
24	Leitungssystem	
25	Innengeräte	

KX Gas Wartung

INSPEKTIONS-INTERVALL: jährlich

Wechsel nachfolgender Komponenten:

aller 8.000 Betriebsstunden
oder spätestens aller 4 Jahre

- Motoröl
- Ölfilter
- Zündkerzen
- Filter und Dichtung Kurbelgehäuseentlüftung
- Luftfilter
- Abgaskondensatfilter und -Dichtung
- Kalziumkarbonat-Granulat

STULZ macht Klima mit System

Abgas-Werte – Anlage Hannover

Messung während der Abnahme durch den Schornsteinfeger

1. Messung Feb.2004 (nach IBN):

- Teillastbetrieb bei ca. 950 $^1/_{min}$ — O_2 ≈ 8,2 %, CO ≈ 1100 ppm
- Volllastbetrieb bei ca. 2100 $^1/_{min}$ — O_2 ≈ 6,1 %, CO ≈ 580 ppm

2. Messung Feb.2004 (nach Justierung Gasmischer):

- Teillastbetrieb bei ca. 950 $^1/_{min}$ — O_2 ≈ 6,8 %, CO ≈ 580 ppm
- Volllastbetrieb bei ca. 2100 $^1/_{min}$ — O_2 ≈ 6,0 %, CO ≈ 490 ppm

STULZ macht Klima mit System

Vorteile des KX Gas Systems

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

STULZ macht Klima mit System

Vorteile der Installation

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

STULZ macht Klima mit System

Vorteile der Innengeräte

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

STULZ macht Klima mit System

Vorteile der Regelung

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

STULZ macht Klima mit System

Vorteile der Bedienung

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

STULZ macht Klima mit System

Einsatzmöglichkeiten von KX Gas

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

STULZ macht Klima mit System

STULZ macht Klima mit System

STULZ macht Klima mit System

STULZ macht Klima mit System

STULZ macht Klima mit System

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 61 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 62 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 63 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 64 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 65 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 66 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 67 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 68 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 69 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 70 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 71 06.03 | KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH | KXGas - 72 06.03 | KX Gas

Toyo Universität Nagareyama

10 Außengeräte

(560 kW Kälteleistung)

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH KXGas - 73 06.03 KX Gas

Projekt in Frankfurt

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH KXGas - 74 06.03 KX Gas

Küchenstudio Hannover

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH KXGas - 75 06.03 KX Gas

Einkaufszentrum in Miyako

10 Außengeräte

(560 kW Kälteleistung)

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH KXGas - 76 06.03 KX Gas

Einkaufszentrum in Tokyo

30 Außengeräte

(950 kW Kälteleistung)

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH KXGas - 77 06.03 KX Gas

Shopping Center in Tokyo

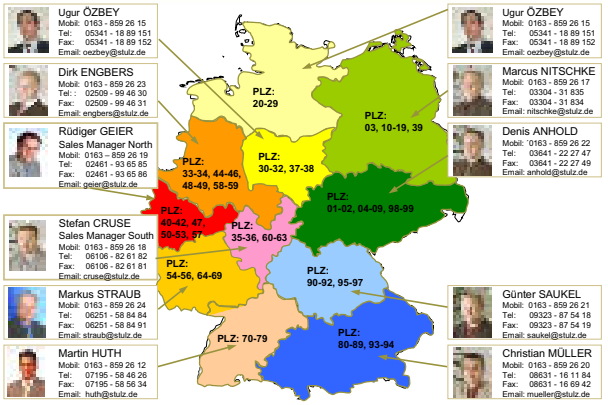
74 Außengeräte

(3880 kW Kälteleistung)

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH KXGas - 78 06.03 KX Gas

STULZ macht Klima mit System



© STULZ GmbH

KXGas - 79
06.03

KX Gas

STULZ macht Klima mit System

© STULZ GmbH

KXGas - 80
06.03

KX Gas

STULZ macht Klima mit System

Referenz

Referenz

KX Gas - Referenzanlage

Referenz

SWN

Stadtwerke Neuss
Kundenzentrum Meererhof

KX Gas - Referenzanlage

Referenz

SWN

Stadtwerke Neuss
Kundenzentrum Meererhof

- Klimatisierte Nutzfläche: 725 m² Kundenzentrum und Büroräume
- Nutzung: ganzjährig, zum monovalenten Heizen und Kühlen
- Gebäude: Altbau (70iger Jahre), mit Flachdach, schlecht wärmeisoliert
- Installierte Leistung: 64,4 kW Heizleistung, 57,7 kW Kühlleistung
- Installiertes Außengerät: 1x GHC 560 HMT
- Installierte Innengeräte:
  - 9x FDTJ 45 HKX
  - 2x FDTSJ 28 HKX
  - 1x FDTSJ 71 HKX
  - 1x FDRJ 45 HKX

KX Gas - Referenzanlage

Referenz

SWN

Stadtwerke Neuss
Kundenzentrum Meererhof

- Klimatisierte Nutzfläche: 725 m² Kundenzentrum und Büroräume
- Nutzung: ganzjährig, zum monovalenten Heizen und Kühlen

Gasverbrauch:

Jahr	Gasverbrauch m³ pro Jahr	Gasverbrauch kWh pro Jahr	Gasverbrauch pro m² und Jahr	Gaskosten pro kWh	Gaskosten pro Jahr	Gaskosten pro m² und Jahr
1999		---------- Inbetriebnahme Mitte 1999 ----------				
2000	12600 m³/a	129654 kWh/a	179 kWh/m²a	0,032 €/kWh	4149 €/a	5,72 €/m²a
2001	14400 m³/a	148176 kWh/a	204 kWh/m²a	0,032 €/kWh	4742 €/a	6,54 €/m²a
2002	10100 m³/a	103929 kWh/a	143 kWh/m²a	0,032 €/kWh	3326 €/a	4,59 €/m²a
		(Hu = 10,29 kWh)				

KX Gas - Referenzanlage

Referenz

SWN

Stadtwerke Neuss
Kundenzentrum Meererhof

- Klimatisierte Nutzfläche: 725 m² Kundenzentrum und Büroräume
- Nutzung: ganzjährig, zum monovalenten Heizen und Kühlen

Betriebsdaten:

Gesamt-Betriebsstunden Außengerät:	25500 Std.	(bis 12.02)
Anzahl Startversuche:	14800	(bis 12.02)
Anzahl erfolgreiche Starts:	14690	(bis 12.02)
Gesamt-Betriebszeit Anlassermotor:	510 min	(bis 12.02)
Wartungen: (Wechsel Motoröl, Luft- u.Ölfilter, Zündkerzen, Kühlwasser)	Jan.01 / Dez.02	

Referenz

Referenz

Lösungen zum Heizen und Kühlen: Einsatzfälle am Beispiel

Gasmotorische Multisplitgeräte:

Einsatz in Verwaltung, Banken und Verkaufsräume
Marcus Becker, Fa. Berndt, Gelsdorf

Einleitung:

Die Gaswärmepumpe – eine innovative Lösung zum Heizen, Kühlen – Klimatisieren von Gebäuden. Eine Alternative zu getrennten Heiz- und Kühlsystemen bietet die neue Generation von Gaswärmepumpen aus Japan. Die Geräte sorgen nicht nur für Kühlung im Sommer, sondern können zudem in der übrigen Zeit vollständig die Wärmeerzeugung für die Heizung übernehmen.
Gaswärmepumpen gibt es in Japan seit über 20 Jahren. Auslöser für ihre Markteinführung waren hohe Strompreise sowie Engpässe in der Stromversorgung, die durch Zunahme der Klimatisierung im Sommer entstanden. Mittlerweile sind in Japan über 400.000 Geräte installiert, welche durch ihre hohe Betriebssicherheit in Kombination mit geringen Betriebs- und Anlagenkosten bestechen.

Es gibt viele Gründe, die für den Einsatz einer gasmotorisch betriebenen Wärmepumpe sprechen. Einer der wichtigsten ist hierbei der Kostenfaktor. Die Gaswärmepumpentechnik vereint beide Bedarfsfälle, das Heizen und das Kühlen. Somit ist auch Sorge dafür zu tragen, dass beide Funktionen in einem Installationssystem vereint werden können.
Die Gaswärmepumpe stellt eine Technik dar, die monovalent den Wärme- bzw. Kältebedarf eines Gebäudes oder eines Teilbereiches decken kann. Es muss nicht mehr auf ein zweites redundantes System gebaut werden, um auch bei Zeiten extremer Witterungen ein behagliches Raumklima zu schaffen. Das bedeutet: In der Heizfunktion nutzten sie die Wärme der Umgebungsluft und die Abwärme des Motors mit kombinierter Brennwerttechnik. Das senkt den Energieverbrauch und erhöht den Nutzungsgrad beachtlich.

Vorteile im Überblick:

- Kostengünstige Alternative zu herkömmlichen Techniken
- Heizen und Kühlen mit einem System
- Keine Erhöhung der elektrischen Leistungsaufnahme notwendig
- Hohe Leistungszahl
- Kein Abfall der Heizleistung auch bei niedrigen Außentemperaturen (<7°C)
- Schnelle Aufheizphase durch Nutzung der Motorabwärme
- Keine Unterbrechung des Heizbetriebs durch Verdampferabtauung
- Stufenlose Leistungsregelung
- Hohe Zuverlässigkeit und lange Wartungsintervalle
- Individuelle Regelungsmöglichkeit

Dabei stehen zwei Arten der Realisierung zur Auswahl.

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

2. Wassergeführtes System
   Wasser als Energieträger

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

Ökologie

Generell lassen sich mit Wärmepumpen aufgrund der Nutzung von kostenloser, regenerativer „Umweltenergie“ bedeutende Einsparungen von Primärenergie erzielen. Aber auch der gasmotorische Kaltdampfprozess bringt im Vergleich zu konventionellen strombetriebenen Anlagen energetische Verbesserungen. Durch den Einsatz des Energieträgers Erdgas entstehen weitere Umweltvorteile. Erdgas ist Primärenergie, muss also (anders als Strom) nicht erst erzeugt werden. Somit entfallen die bei der Stromerzeugung entstehenden Umwandlungsverluste. Damit tragen Gaswärmepumpen zu einer wesentlichen Verminderung der CO_2-Emmissionen bei.

Bedarfsermittlung:

Wie bei allen herkömmlichen Raumklimatisierungsverfahren, steht auch für den Einsatz der Gaswärmepumpe die Bedarfsermittlung am Anfang. Hierbei wird festgelegt, wie hoch der maximale Wärme- bzw. Kälteeintrag sein muss.
Um den unterschiedlichen Bedarfsfällen gerecht zu werden, bietet AISIN verschiedene Leistungsstufen, so dass sowohl Teil- als auch Komplettklimatisierungen effizient gestaltet werden können. 7 Modelle sind derzeit auf dem Markt erhältlich. Die Staffelung reicht hierbei von 14/18 KW, 18/23,6 kW, 22,4/26,5 kW, 28/33,5 KW, 35,5/42,5 kW, 45/53 kW bis hin zu 56/67 KW (Kühl-/Heizleistung). Größere Bedarfsfälle werden durch das Zusammenschalten mehrerer Geräteeinheiten realisiert. Die Gerätegesamtleistung nah an dem tatsächlichen Leistungsbedarf auszurichten, ermöglicht einen kostengünstigen Einsatz bei den unterschiedlichsten Leistungsanforderungen.
Bei der Rauminstallation spielen neben der zu erbringenden Leistung weitere Aspekte eine Rolle. Darunter fällt vor allem die Integrierbarkeit der Technik - die Installation soll zum Raumbild passen.
Es ist darauf zu achten, dass der eventuell erforderliche Frischluftanteil zugeführt wird, wobei auch die Luftströmung keine unangenehmen Zustände verursachen soll.

Anwendungsfälle:

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

Direktverdampfung /-kondensation

Gerade die Multisplitgeräte bieten in dieser Hinsicht eine erstaunliche Anzahl an Möglichkeiten. Sie unterscheiden sich durch Bauform, Einbauort und den durch sie erzeugten Luftströmungen. Die Produktpalette an Innengeräten besteht aus 11 verschiedenen Modellen, d.h. 4 Deckenkassettenmodelle, 3 Deckeneinbaumodelle, 1 Deckenunterbaumodell, 1 Wandmodell und 2 Truhenmodelle. 11 verschiedene Leistungsgrößen bieten in Kombination mit den Modellen 60 verschiedene Einzelmodelle. Die Entscheidung welches der Geräte zum Einsatz kommt, hängt in der Hauptsache von den räumlichen Gegebenheiten ab. Da die verschiedenen Gerätetypen untereinander kompatibel sind, ergeben sich viele Kombinationsmöglichkeiten, so dass jeder Raum optimal klimatisiert und beheizt werden kann.

Die einfachste Form des Energieeintrags ist die Verwendung herkömmlicher Wand- und Unterdeckengeräte. Diese lassen sich mit sehr geringem Aufwand installieren und eignen sich besonders für die Nachrüstung von Räumen, die z.B. eine Zwischendeckeninstallation nicht erlauben. Auch die Truhengeräte eignen sich für diesen Anwendungsfall, lassen sich aber im Gegensatz zu den Wand- und Unterdeckengeräten leichter in das Raumbild integrieren, z.B. durch Verkleidungen.
Die besten Integrationsmöglichkeiten bieten die Decken-Kassettengeräte und die Zwischendeckengeräte, die sich nochmals in Form und Funktion voneinander unterscheiden. Bei den Decken-Kassettengeräten gibt es verschiedene Modelle, die sich je nach Bedarf einsetzen lassen. So gibt es das Kassettengerät in einer flachen Bauform für den Einbau in schmale Zwischendecken (z.B. bei niedriger Raumhöhe), oder als Eurorastermodell (zum Einbau in Rasterdecken), mit jeweils einem Luftauslass. Andere Varianten sind ein Modell mit zweiseitigem Luftaustritt, ein Modell mit vierseitigem Luftaustritt, sowie ein Modell zum Einbau in Lüftungskanäle.
Die Zwischendeckengeräte bieten zusätzlich auch die Möglichkeit der Kombination mit Bauteilen aus der Lüftungstechnik, wie z.B. verschiedenen Luftein-, bzw. Luftauslässen (Wandauslässe, Drallauslässe, Quellauslässe, Schlitzauslässe oder Gitterauslässe). Dies ermöglicht eine sehr individuelle Luftführung, wobei auf einen Frischluftanteil nicht verzichtet werden muss. Als besondere Finesse, bietet sich hierbei auch die Kombination mit Textilschläuchen an, welche die Flexibilität der Luftführung noch einmal erhöhen. Mit ihrer Hilfe lassen sich vor allem Räume mit großen Grundflächen mit einem geringem Installationsaufwand klimatisieren. Auch die Integration in das Raumbild gestaltet sich einfach und harmonisch. Im Kühlfall quillt die Kaltluft mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten durch das Gewebe nach außen. Im Heizfall tritt die Warmluft durch integrierte Düsen mit einem hohen Impuls nach außen.

Wassergeführte Systeme:

Durch den Einsatz der SKVP-Übergabestation, ist es möglich alle wassergeführten Heiz- und Kühlsysteme mit der Gaswärmepumpe zu betreiben.
Hierbei wird mittels einer Übergabestation Wasser im Temperaturbereich zw. +6 und +47°C bereitet, mit welchem die Wärmetauscher der Installation beaufschlagt werden. Durch dieses System lassen sich alle bewährten wassergeführten Heiz- und Kühlsysteme betreiben. Auch eine Umrüstung bestehender Installationen ist denkbar. Lediglich die Vorlauftemperatur von max. 47 °C für den Heizfall ist zu berücksichtigen, was aber bei Flächenheizsystemen wie z.B. der Fußbodenheizung kein Problem darstellt. Sind höhere Vorlauftemperaturen im System notwendig, kann ein Spitzenkessel aufgeschaltet werden. Somit können immer noch über 90% der Jahresnutzungsstunden allein von der Gaswärmepumpe erbracht werden.

Möglich ist es auch, nur die Grundlastdeckung, über die ökonomisch sinnvolle Wärmepumpe zu betreiben.
Mit der SKVP-Übergabestation lassen sich alle Installationen mit Wasser als Energieträger realisieren. Sie können z.B. eine RLT-Anlage bestücken, dezentrale Klimatisierung realisieren, oder auch einen Baukern aktivieren. Das Beheizen und Kühlen mittels thermisch aktiven Raumflächen ist dabei ein aktuelles Thema. Über die großen Flächen lässt sich mit geringen Über- bzw. Untertemperaturen ein sehr behagliches Klima schaffen. Auch ist es möglich, eine Fußbodenheizung zu nutzen um eine Kühlung zu realisieren. Sogar in der Verfahrens- und Produktionstechnik sind keine Grenzen gesetzt, da in jedem Prozess bei dem Energie zugeführt oder abgefahren werden muss, der Einsatz der Gaswärmepumpe möglich ist. Dabei ist zu erwähnen, dass bei vielen Prozessen sowohl eine Beheizung, als auch eine Kühlung erforderlich ist. Es ist vorteilhaft darauf zu achten, dass sich die Systeme für beide Bedarfsfälle eignen. Dadurch reduzieren sich die Anlagenkosten drastisch, weil so nur eine Installation für beide Funktionen benötigt wird.
Flexibilität der Luftführung und Integration in das Raumbild, sind auch die Stichworte für den Einsatz in Verwaltungen, Banken und Verkaufsräumen. Es gibt die Möglichkeit über Flächen zu heizen und zu kühlen, oder man entscheidet sich für eine rein konvektive Lösung wie z.B. Deckenkonvektoren, Wandkonvektoren oder sogar hinterlüftete Schrankwände. Auch Kombinationen mit Textilschläuchen finden hier wieder große Anwendungsbereiche. Auch die Regelung kann individuell angepasst und mit allen auf dem Markt vertretenen Produkten eingesetzt werden.
Die hohe Variabilität der eingesetzten Systeme, eignet sich besonders zur Gestaltung großer Räume mit repräsentativem Charakter.

Einsatzmöglichkeiten:

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

Weitere Vorteile sind:

- Vielseitig anwendbare Übertragungssysteme
- Individuelle Möglichkeiten der Regelung

RLT-Modul

Mit diesem Modul erreicht die Gaswärmepumpentechnik neue Einsatzgebiete.
Mittels eines RLT - Moduls ist es nun möglich, eine zentrale raumlufttechnische Anlage eines Gebäudes in Verbindung einer Gaswärmepumpe, mit der nötigen Heiz- bzw. Kühlleistung zu versorgen. Dieses System bildet eine günstige Alternative zu herkömmlichen Systemen, da nur ein Wärmetauscher benötigt wird. Auch Frostschutzmaßnahmen, die bei einer Außenaufstellung häufig Schwierigkeiten bereiten, gehören so der Vergangenheit an, da keine wasserführenden Bauteile zur Anlagenerstellung benötigt werden.
Grundgedanke dieser Anlagen ist, die gemeinsame Aufstellung beider Geräte (Lüftungsanlage und GWP), gepaart mit geringem Installationsaufwand und einer hocheffi-

zienten Betriebsweise. Dank der stufenlosen Leistungsanpassung der Gaswärmepumpe von 20 – 100 % lässt sich jeder Betriebpunkt exakt ansteuern.

WRG

Mittels des optional erhältlichen Wärmerückgewinnungs-Kit ist es möglich die Motorabwärme im Kühlmodus der Gaswärmepumpe für z.B. eine Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung nutzbar zu machen. Hierbei wird der Abwärmekreislauf des Motors abgegriffen, wodurch die Wärmemenge dann über einen gesonderten Wärmetauscher an einen sekundären Kreislauf abgeben werden kann. Dadurch lässt sich ein hocheffizientes Gesamtsystem konzipieren, da diese gewonnene Wärmemenge zusätzlich zu der erzeugten Kälteleistung in die Energiebilanz eingeht.

- Tochterunternehmen von TOYOTA
- 11 Produktionsniederlassungen
- 10.000 Mitarbeiter
- 98 Tochterfirmen
- Seit 1982 an der Entwicklung von GWP beteiligt
- 1986 erste Gaswärmepumpe auf dem Markt
- d.h. über 20 Jahre Erfahrung im GWP Sektor
- Ausgereifte Produkte
- GWP aktuell in der 8. Entwicklungsstufe
- > 400.000 Gaswärmepumpen installiert im Asiatischen Raum

Vorteile der AISIN Gaswärmepumpentechnik

- Heizen und Kühlen mit einem System
- Monovalenter Einsatzbereich
- Systeme mit Direktverdampfung bzw. –kondensation (VRF)
- Systeme mit Wasser als Energieträger
- Sehr hohe Leistungszahl
- Geringer Energiebedarf
- Stufenlose Leistungsregelung
- Lange Wartungsintervalle

Einsatzgebiete

- Gewerbebetriebe, Produktionshallen
- Industrie
- Ladengeschäfte
- Büro- und Verwaltungsgebäude
- Lagerhaltung

Anlagenkosten

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

Weiterer wichtiger Vorteil:

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

Kostenersparnis auf beiden Seiten.

Modelle 14,0 – 26,5 kW

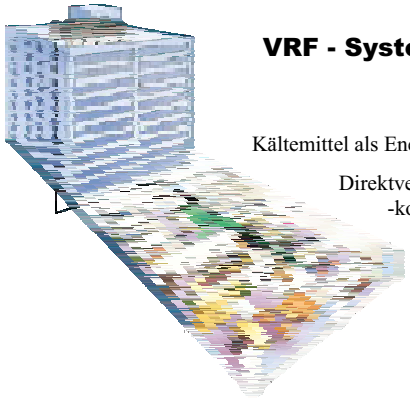
	5 HP	7,5 HP	8 HP
Modell	TGNP140	TGNP180	TGMP224
Heizleistung	18 KW	23,6 kW	26,5 kW
Kühlleistung	14 KW	18 kW	22,4 kW
Schalldruckpegel	52 / 50 dB	53 / 51 dB	53 / 51 dB
Betriebsgewicht	450 kg	450 kg	530 kg
el - Leistungsaufnahme	0,62 kW	0,75 kW	0,75 kW
Anschlussspannung	230 V (1Ph)	230 V (1Ph)	230 V (1Ph)
Gasverbrauch (Heizen)	13,8 kW	16,1 kW	17,5 kW
Gasverbrauch (Kühlen)	12,7 kW	16,9 kW	18,6 kW

Modelle 33,5 – 67,0 kW

	10 HP	13 HP	16 HP	20 HP
Modell	TGNP280	TGMP355	TGMP450	TGMP560
Heizleistung	33,5 KW	42,5 kW	53 kW	67 kW
Kühlleistung	28 KW	35,5 kW	45 kW	56 kW
Schalldruckpegel	57 / 55 dB	58 / 56 dB	57 / 56 dB	58 /57 dB
Betriebsgewicht	560 kg	560 kg	790 kg	790 kg
el - Leistungsaufnahme	0,98 kW	0,98 kW	1,53 kW	1,53 kW
Anschlussspannung	230V (1Ph)	230V (1Ph)	230V (1Ph)	230 V(1Ph)
Gasverbrauch (Heizen)	22,4 kW	29,6 kW	36,6 kW	46,8 kW
Gasverbrauch (Kühlen)	24,5 kW	29,9 kW	35,5 kW	47,9 kW

Kriterien zur Auswahl der Installation

- Gebäudestruktur
- Raumgröße
- Nutzungsbedarf
- Bestand
- Optik



VRF - Systeme

Kältemittel als Energieträger

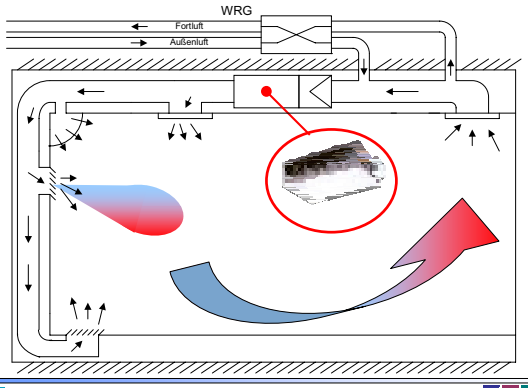
Direktverdampfung bzw. -kondensation

Einsatz Direktverdampfung /-kondensation

- Innengeräte in allen Bauformen
- Geringe Montagekosten durch kleine Leitungsdimensionen
- Einfache und schnelle Installation
- Leistungsfähige Regelung des Systems
- Keine zusätzlichen Pumpen notwendig
- Kein Einfrieren möglich → Frostschutz überflüssig
- Wärmeübergang: Konvektion

Möglichkeiten der Anlagengestaltung

Individuelle Anlagengestaltung



Hydraulikstation SKVP

- **Speicher-Pumpenstation**
- **Luft-Wasser System**
- **Übergabestation von GWP an Wasserkreislauf**
- **Kompaktstation, die in Verbindung mit dem GWP-System, mit Wasser als Kälte- und Wärmeträger für vielseitige Projektlösungen im privaten, gewerblichen und industriellen Anlagenbau anwendbar ist.**

Einsatz hydraulisches System

- Innengeräte in allen Bauformen
- Variabilität bei der Wahl der Innengeräte (Herstellerunabhängig)
- Individuelle Lösungen möglich
- Regelung kann universell angepasst werden
- Nutzung von statischen Heizflächen
- Wärmeübergang: Konvektion, aber auch Strahlung
- Durch modularen Aufbau – (Aufstellung SKVP im Gebäudeinneren) kein Frostschutz nötig

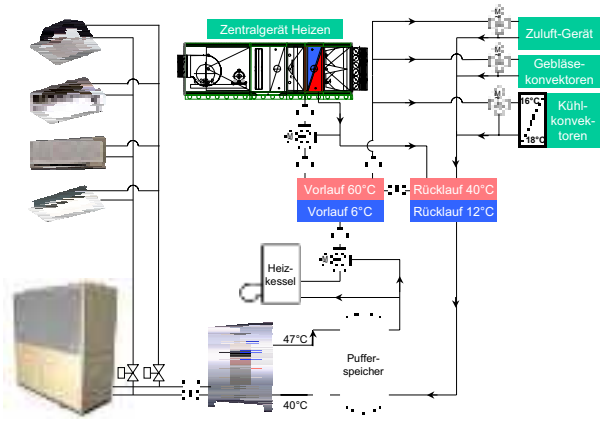
+47°C

+6°C

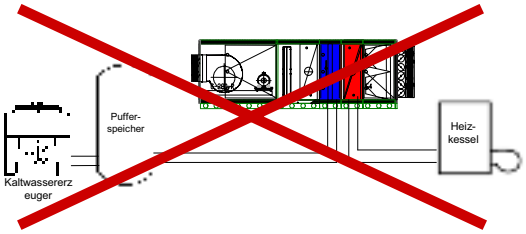
Einsatzmöglichkeiten

Einsatzmöglichkeiten:

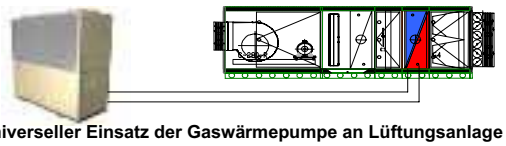
- Beliebiger Einsatz für Wassertemperaturen zw. +6 und +47 °C
- Thermisch aktive Raumflächen (zum Kühlen und Heizen)
- Verfahrenstechnik z.B. Kühlen und Heizen bei Prozessen
- Gewerblicher und privater Bereich zur Raumluftkonditionierung
- Versorgung von RLT-Anlagen
- Baukernaktivierung
- Universeller Einsatz bei Systemen mit Wasser als Wärme- bzw. Kälteträger
- Kostengünstige Alternative zu herkömmlichen Techniken
- Weiter Vorteile sind:
  - Vielseitig anwendbare Übertragungssysteme
  - Individuelle Möglichkeiten der Regelung



Konventionelle RLT-Anlagen

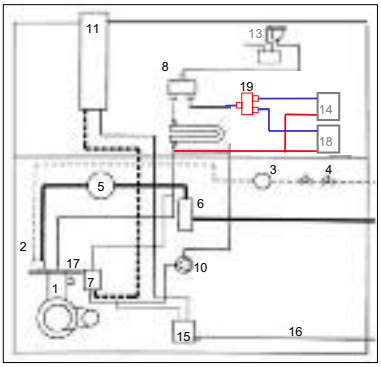


Gaswärmepumpe mit RLT-Modul



- **Universeller Einsatz der Gaswärmepumpe an Lüftungsanlage**
- **Direktanschluss der Gaswärmepumpe an RLT-Anlage**
- **Ein Wärmetauscher zum Kühlen und Heizen**
- **Volle Leistungsanpassung beim Kühlen und Heizen von 20 – 100 %**
- **Komplette Steuerung der Lüftungsanlage über Zentralregelung**
- **Nachträgliche Installation an bestehende Lüftungsanlagen möglich**
- **Nur eine Regelung der kompletten Anlage**
- **Keine Frostschutzmaßnahmen erforderlich**
- **Schnelle und einfache Installation**
- **Geringe Betriebskosten**

Gas-Wärmepumpe mit integrierter Wärmerückgewinnung



1. Gasmotor
2. Gasmischer
3. Gasregler
4. Sicherheitsventil
5. Luftfilter
6. Schalldämpfer
7. Abgas Wärmetauscher
8. Termostatisches Umschaltventil
9. Einfüllstutzen Kühlmittel
10. Wasserpumpe
11. Schalldämpfer
12. Doppelrohr-Wärmetauscher
13. Kühlmittel Vorratsbehälter
14. Wärmetauscher für Abwärme
15. Kondensatfilter
16. Kondensatablauf
17. Thermostat
18. Wärmetauscher Nutzwärme
19. Thermostatisches Umschaltventil

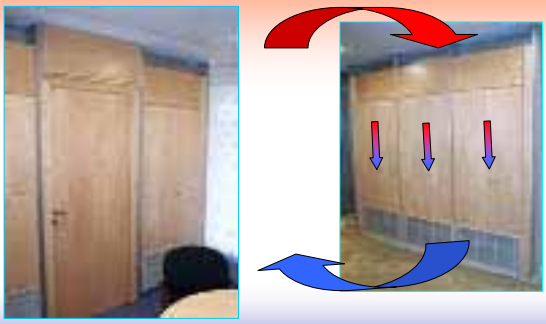
Wärmerückgewinnung der Motorabwärme, nur im Kühlbetrieb nutzbar

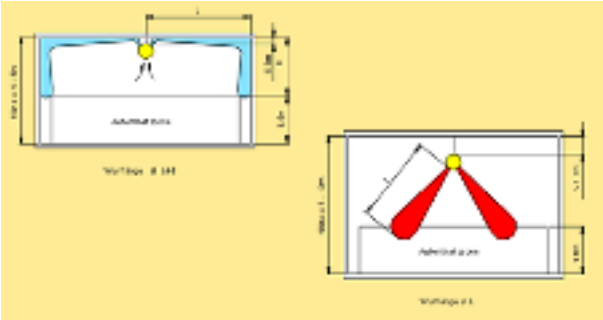
Bank /
Volksbank Adenau

20HP

SKVP
Luft-Wasser-System

Hinterlüftete Schrankwand





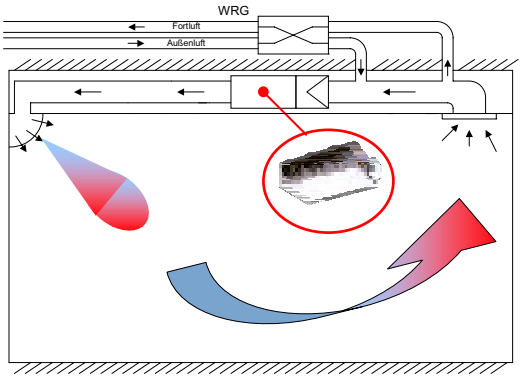
Verkaufsraum mit Textilschläuchen

Bürogebäude /
Energieversorgung Filstal

Direktverdampfung / -kondensation

20HP

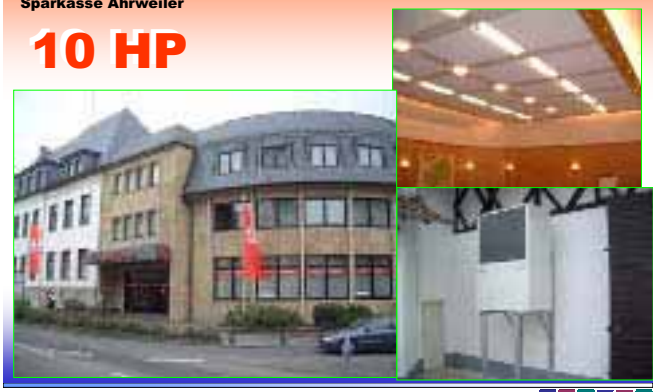
Individuelle Anlagengestaltung



Bank /
Sparkasse Ahrweiler

Direktverdampfung / -kondensation

10 HP



Verkauf- / Bürogebäude
G&W Fahrzeugteile

10 HP

Einkaufscenter /
Japan

Direktverdampfung / -kondensation

140 HP

Einsatz im Jugendzentrum Hohenweiden

Dr. Harald Krause, MITGAS, Gröbers
(vorgestellt von Bernd Utesch, ASUE)

Die AISIN Gaswärmepumpen-Testanlage im Jugendzentrum Hohenweiden

Projektbericht über den Praxistest eines Gasklimagerätes

Rainer Agsten, Volker Klinkert, Harald Krause

Seit wenigen Jahren ist eine für Deutschland neue Technik zur Klimatisierung von Gebäuden aus Japan auf dem Markt. Gaswärmepumpen in ein VRF-System eingesetzt, ermöglichen derzeit eine monovalente Beheizung von Gebäuden mit Heizleistungen von 18 bis 67 kW und das Kühlen mit Leistungen von 14 bis 56 kW. Im Rahmen eines Wärme- und Kältecontracting hat MITGAS diese Technik in einem Gebäude der Gemeinde Hohenweiden bei Halle/Saale eingesetzt. Mit dem Ziel, die energetische Effizienz dieser Technik zu erfassen, wurde der Anlageneinsatz von der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig über ein Jahr messtechnisch begleitet. Es wurde der zuverlässige und energetisch günstige Einsatz sowie die Wirtschaftlichkeit des Betriebs der Anlage nachgewiesen.

Das Projekt

In Deutschland zeichnet sich ein deutlicher Trend zur Gebäudeklimatisierung insbesondere im gewerblichen Bereich ab. Ursachen dafür sind der zunehmende Einsatz von Glasarchitektur, die immer dichter werdende Gebäudehülle und der Wunsch nach ganzjähriger thermischer Behaglichkeit.

Neben der bisher eingesetzten elektrisch betriebenen Technik zur Raumklimatisierung steht seit kurzem in Deutschland eine auf dem japanischen Markt ausgereifte gasbetriebene Technik zur Verfügung. Eine neue Generation von Gaswärmepumpen erlaubt den Heiz- und Kühlbetrieb mit einer Anlage. Zum Heizen wird dabei Umweltwärme und die Abgaswärme des eingesetzten Gasmotors mitgenutzt.

Die erste dieser Gaswärmepumpen kleiner Leistung zur Klimatisierung eines Gebäudes in Deutschland wurde im November 2002 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 bei Halle/Saale eingesetzt.

Bild 1: Gebäude mit GHP- Testanlage.

Das Besondere am durchgeführten Projekt war die messtechnische Begleitung des Betriebs der Anlage durch die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig über den Zeitraum von reichlich einem Jahr. Diese Auswertungen sicherten die Zielstellungen des Projektes.

Neben der Versorgung des Gebäudes mit Wärme und Kälte sollten Erkenntnisse zur Betriebsweise, zur energetischen Effizienz im mitteleuropäischen Klima und zur Sicherheit der Anlage gesammelt werden.

Dabei wurden zwei Bearbeitungsabschnitte realisiert. Im ersten Abschnitt bis April 2003 wurde die Messtechnik installiert und optimiert sowie die Messdaten der Heizperiode 2002/2003 ausgewertet. Im zweiten Zeitraum von Mai bis Dezember 2003 wurde die Kühlleistung erfasst und die energetische und wirtschaftliche Effizienz der GHP (Gas Heat Pump) -Anlage ermittelt.

Die Technik der Anlage

In dem Gebäude, das Bild 1 zeigt, sind auf ca. 300 m² Fläche der Jugendklub und die Verkaufsstelle des Ortes untergebracht.

Die Anlage besteht aus einer Außeneinheit mit der Nennheizleistung von 33,5 kW und einer Nennkühlleistung von 28 kW sowie 6 Innengeräten unterschiedlichen Aufbaus. Mit der Gerätetechnik wird, wie in Bild 2 dargestellt, ein VRF-System realisiert.

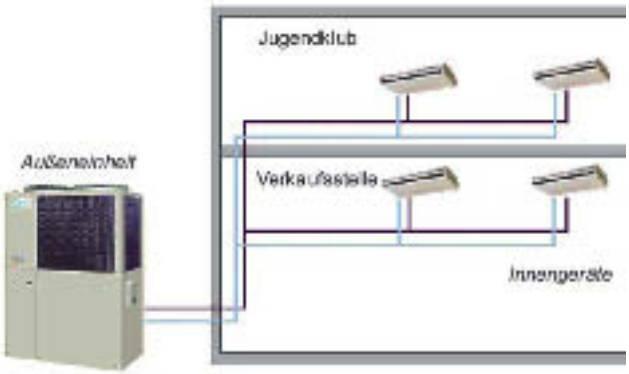


Bild 2: Prinzipieller Aufbau der Testanlage.

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 3 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

Prof. Dr.-Ing. Rainer Agsten, Dipl.-Ing. Volker Klinkert, beide Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Dr.-Ing. Harald Krause, Mitteldeutsche Gasversorgung GmbH, Fachbereich Gewerbekunden, Industriestraße 10, 06184 Gröbers.
Vortrag, gehalten anlässlich der 5. Fachtagung „Erdgas, Umwelt, Zukunft“ der MITGAS Mitteldeutsche Gasversorgung GmbH, der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur, Leipzig und der Buderus Heiztechnik GmbH am 21.01.2004 in Leipzig.

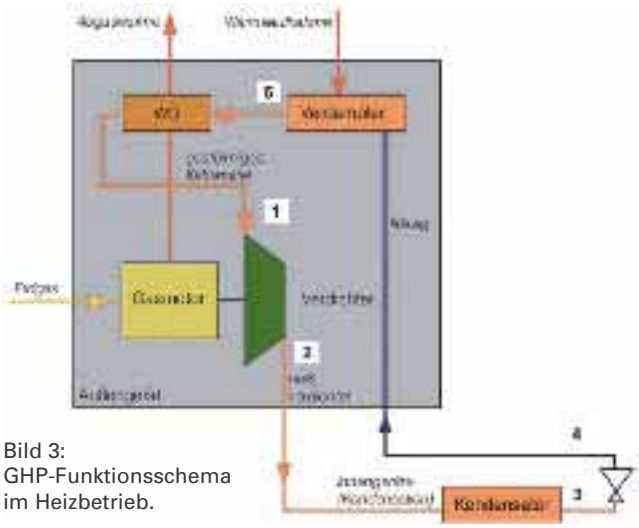


Bild 3:
GHP-Funktionsschema im Heizbetrieb.

(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 0^0 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 4 zeigt die Verhältnisse.

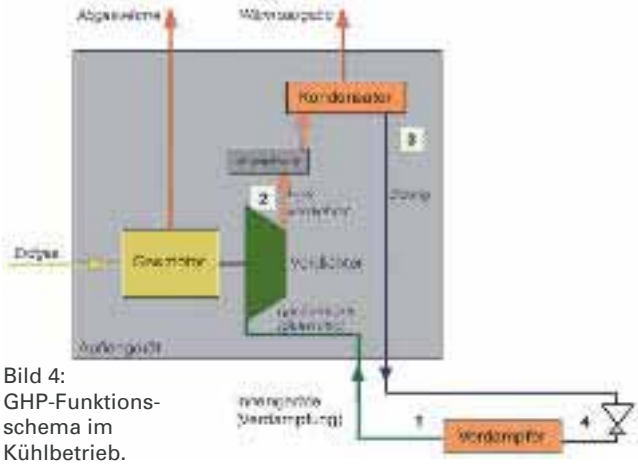


Bild 4:
GHP-Funktionsschema im Kühlbetrieb.

Die messtechnische Untersuchung

Das Messkonzept ging 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 waren 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 stellte 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 ausgegangen, dass sich in der Kondensatleitung im Zufluss zum Verdampfer stets unterkühltes Kältemittelkondensat befindet.

Bei der Untersuchung zur Betriebsweise der Anlage war es Ziel, festzustellen, ob die GHP in der Lage ist, das zu klimatisierende Gebäude ganzjährig monovalent mit Energie zu versorgen. Dabei musste auch davon ausgegangen werden, dass die Temperatur der primären Energiequelle Außenluft einen starken Einfluss auf die energetische Effizienz hat. Bei niedrigen Temperaturen ging es um eine ausreichende und dynamische Beheizung der angeschlossenen Räume. Entsprechend wurde neben der Außenlufttemperatur auch die Temperatur am Austritt des Ventilators der Außeneinheit erfasst. Das Bild 5 stellt die Messstellen am Außengerät dar. Zusätzlich wurden 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 6 stellt die Anordnung dar.

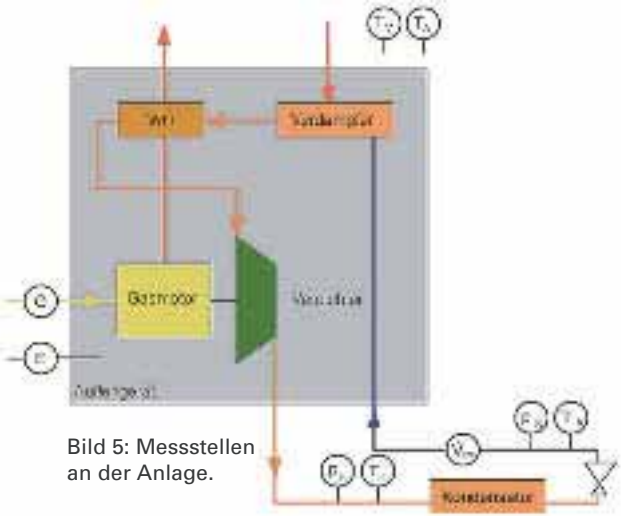


Bild 5: Messstellen an der Anlage.

Die Untersuchungsergebnisse

Winterbetrieb

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 sorgte dafür, dass die Anla-

Bild 6: Installierte Schwebekörper-Messgeräte.

ge auch bei Temperaturen weit unter 0° C ausreichend Wärme bereitgestellt hat. Die Aufzeichnung der Kältemittel-Heißgastemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur in Bild 7 zeigt deutlich, 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 reagierte 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.

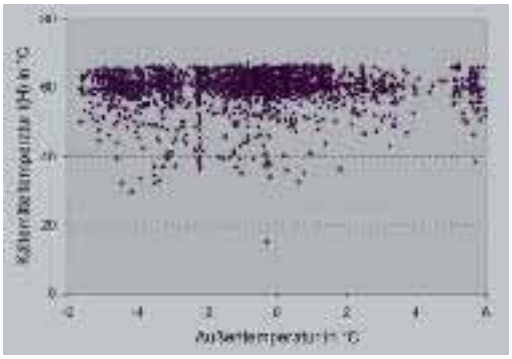


Bild 7: Konstanz der Kältemittel Heißgastemperatur.

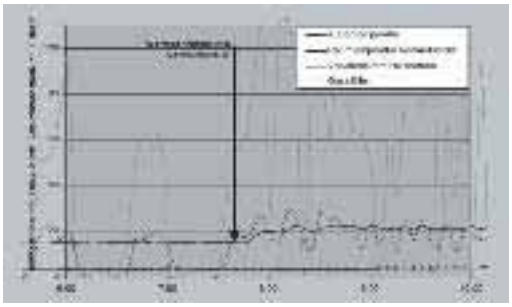


Bild 8: Messwerte Tagesverlauf am 29.1.2003.

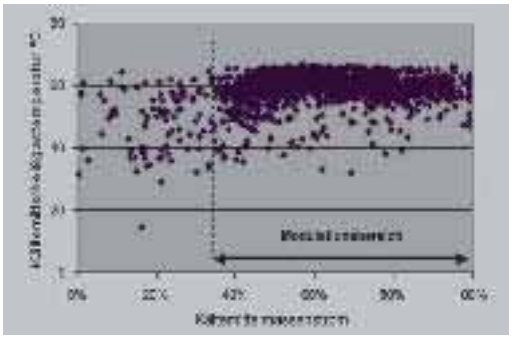


Bild 9: Arbeitsbereich der Verdichter.

Das Bild 8 stellt einen Ausschnitt aus dem Messwerte Tagesverlauf dar.

Durch die Möglichkeit der einzelnen Zu- und Abschaltung der beiden Verdichter und der Variation der Drehzahl von 2.100 bis 4.800 U/min ergibt sich rein rechnerisch eine Modulation von 20 bis 100 %. Auf schwankende Wärmeanforderungen kann durch schnelle Anpassung der Erzeugerleistung reagiert werden. Es ergab sich ein praktischer Modulationsbereich von 35 bis 100 %, wie ihn Bild 9 darstellt.

Die Berechnungen der energetischen Kenndaten basieren hauptsächlich auf Messwerten, die im Januar und Februar 2003 erfasst wurden.

Für die GHP-Leistungszahl COP gilt im Heizfall:

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

Es ergibt sich ein mittlerer Wert von:

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

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

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

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

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

Der im Feldversuch bestimmte Schalldruckpegel betrug in 1 m Abstand 61,5 dB(A) und im 10 m Abstand 41,5 dB(A). In der genutzten Aufstellung des Außengerätes ist der Einsatz in reinen Wohngebieten nicht möglich. Durch einfache Schallschutzmaßnahmen besteht die Möglichkeit, den Schalldruckpegel unter 35 dB(A) zu senken.

Sommerbetrieb

Die Auswertung der sommerlichen Raumkühlung wurde insbesondere im Jugendklub vorgenommen. Hier herrschten aufgrund der Nutzung und der relativ hohen Außentemperaturen im Sommer 2003 besondere Anforderungen an die Technik.

Bild 10 zeigt, dass die GHP- Anlage durchschnittlich nur zu 15 % auch bei Außentemperaturen bis zu 34° C ausgelastet war.

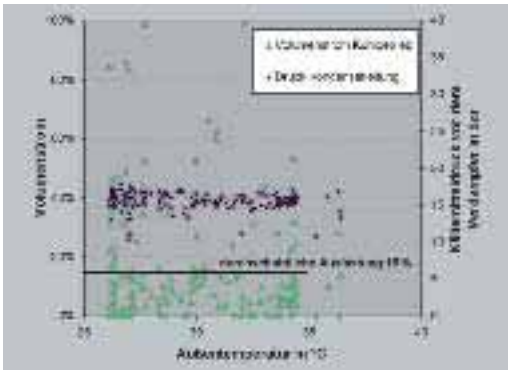


Bild 10: Auslastung der Anlage im Kühlbetrieb.

Diese schwache Auslastung führte zu einer Betriebsweise zwischen dem minimalen Modulationsbereich und Stillstand. Da beim Anfahren aber zusätzlich Erdgas verbraucht wird, führt häufiges Takten der Anlage zu geringerer energetischer Effizienz. Der messtechnisch ermittelte COP für die Kälteleistung liegt bei 0,951 (realer Wert 0,941) und damit im Vergleich zu herkömmlichen Kompressionswärmepumpen günstig.

Auswertung der Messergebnisse

Die Abbildung 11 zeigt die im Heiz- bzw. Kühlbetrieb ermittelten COP-Werte im Vergleich mit den aus den Angaben des Herstellers berechneten Werten.

Bei den Leistungsangaben des Herstellers handelt es sich um Nennleis-

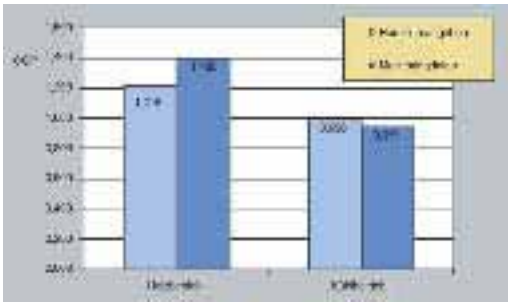


Bild 11: COP-Werte für den Heiz- und Kühlbetrieb.

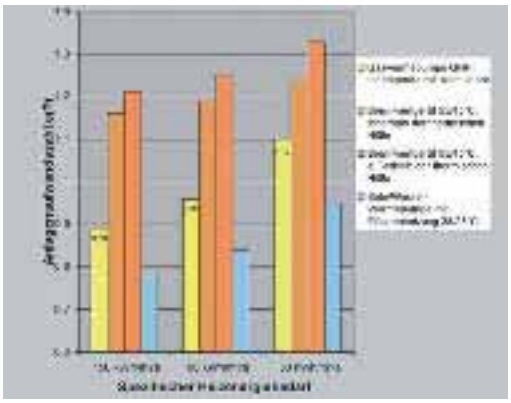


Bild 12: Anlagenbewertung nach Energieeinsparverordnung.

tungen, die für einen definierten Auslegungsfall gelten. Die messtechnisch ermittelten mittleren COP-Werte enthalten aber auch Betriebszustände, bei denen durch zusätzliche Wärmegewinne aus der Außenluft eine höhere Effizienz der Anlage erreicht wurde.

Die erreichten COP-Werte liegen deutlich über den Leistungszahlen von vergleichbaren Außenluft-Elektrowärmepumpen. Deren Effizienz wird bei geringen Wärmequellentemperaturen durch die energieintensiven Frostfreihaltungsmaßnahmen deutlich gemindert.

Eine weitere Betrachtung der Anlage erfolgte auf der Grundlage der Energieeinsparverordnung (EnEV). Dabei wurde die primärenergetisch bezogene Anlagenaufwandszahl eP, die dem Vergleich der Energieeffizienz unterschiedlicher Anlagen dient, ermittelt. Der Jahresheizenergiebedarf für das Untersuchungsobjekt wird näherungsweise mit 150 kWh/m² a bzw. 45.000 kWh/a angenommen. Aus dem ermittelten COP im Heizbetrieb der GHP, den Hilfsenergieverbräuchen und der Einordnung der Innenheizgeräte nach DIN 4711, Teil 10 ergibt sich im Objekt Hohenweiden eine Anlagenaufwandszahl eP von 0,89. Da der Heizenergiebedarf von 150 kWh/m² a mit einem sanierten, wärmegedämmten Gebäude bzw. einem Neubau nicht vergleichbar ist, wurde die Anlagenaufwandszahl auch für die Fälle des Heizenergiebedarfs 90 kWh/m² a und 50 kWh/m_ a berechnet. Diese Werte werden den Alternativheizsystemen Brennwertgerät und Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Flächenheizung 35/28⁰ C im Bild 12 gegenübergestellt.

Im Vergleich zur konventionellen Brennwerttechnik erreicht die GHP eine deutlich bessere Anlagenaufwandszahl. Die Kombination Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Fußbodenheizung hat zwar eine deutlich günstigere Anlagenaufwandszahl, ist allerdings auch mit einem hohen technischen und finanziellen Aufwand verbunden. Mit einer Anlagenaufwandszahl bis 1,1 ordnet sich die GHP in den Bereich der zweithöchsten Energieeffizienzklasse B ein.

Die Anlage stellt also ein hocheffizientes Wärmeversorgungssystem dar, das ohne weiteres auch im Niedrigenergie- bzw. 3-Liter-Haus eingesetzt werden kann.

Die Ergebnisse der energetischen Betrachtungen flossen in eine wirtschaftliche Bewertung der Gaswärmepumpentechnik mit VRF-System ein. Dabei wurde eine ausschließliche Wärmeversorgung eines standardisierten Bürogebäudes durch eine GHP-Anlage den typischen konventionellen Techniken Brennwert- und elektrisch betriebener Kompressionswärmepumpentechnik gegenübergestellt. Die Ermittlung der Jahreskosten der Wärmeversorgung basiert auf einem Jahresheizenergiebedarf von 45.000 kWh bei einem Gebäude mit 300 m² Nutzfläche. Das Bild 13 zeigt das Ergebnis des Jahreskostenvergleichs der Wärmeversorgung.

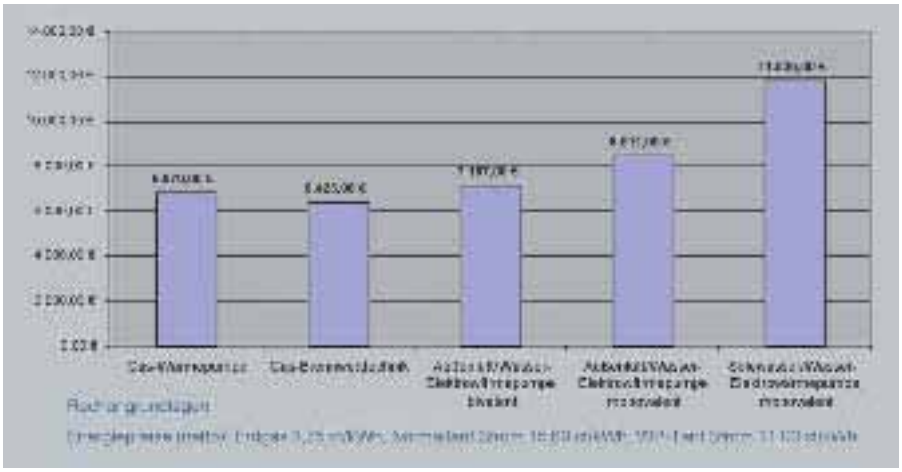


Bild 13: Jahreskostenvergleich von Heizanlagen.

Die Kosten setzen sich aus dem Kapitaldienst, den Betriebs- und Verbrauchskosten zusammen. Die Übersicht zeigt, dass die konventionelle Brennwerttechnik vor allem aufgrund der vergleichsweise geringen Investitionskosten auch insgesamt am kostengünstigsten ist. Die Kosten der GHP-Anlage liegen jedoch nur mit ca. 7 % in geringem Maß darüber. Damit ist die GHP die zweitgünstigste Anlagenkonfiguration unter den untersuchten Alternativen. Die Jahreskosten einer monovalent arbeitenden Elektro-Außenluft/Wasser-Wärmepumpe liegen aufgrund der vergleichsweise hohen Verbrauchskosten darüber. Bivalent arbeitende Wärmepumpensysteme sowie geothermische Wärmepumpenanlagen sind aufgrund der sehr hohen Investitionskosten nicht in der Lage, die Jahreskosten der anderen Alternativen annähernd zu erreichen.

Zusammenfassung

Der Betrieb der GHP-Anlage in Hohenweiden erfolgte über 1 1/2 Jahre praktisch störungsfrei. Die hohe Zuverlässigkeit und die einfache Bedienbarkeit der Anlage zeigen deutlich, dass es sich bei der GHP um ein ausgereiftes Serienprodukt handelt.

Aus den erfassten Gasverbräuchen bzw. Wärmemengen ergibt sich im Heizfall der hohe COP Wert von 1,35. Es konnte festgestellt werden, dass die Heizleistung und der COP der GHP selbst bei extrem niedrigen Außentemperaturen nicht abnehmen. Die Abwärme des Verbrennungsmotors reicht dann als alleinige Wärmequelle aus, um die angegebene Nennheizleistung zu realisieren.

Die Anlage verfügt durch die große Modulationsbreite über eine hohe Dynamik der Wärme- und Kältebereitstellung.

Die Betrachtung der Energieeffizienz der Anlage zeigt deutlich bessere Werte als die Gasbrennwert- und die elektromotorisch betriebene Außenluft/Wasser-Wärmepumpentechnik.

Die wirtschaftliche Betrachtung des Einsatzes der GHP ergab, dass bereits durch eine Senkung der Investitionskosten um ca. 10 % die Anlage wirtschaftlicher als eine vergleichbare Brennwertanlage betrieben werden kann.

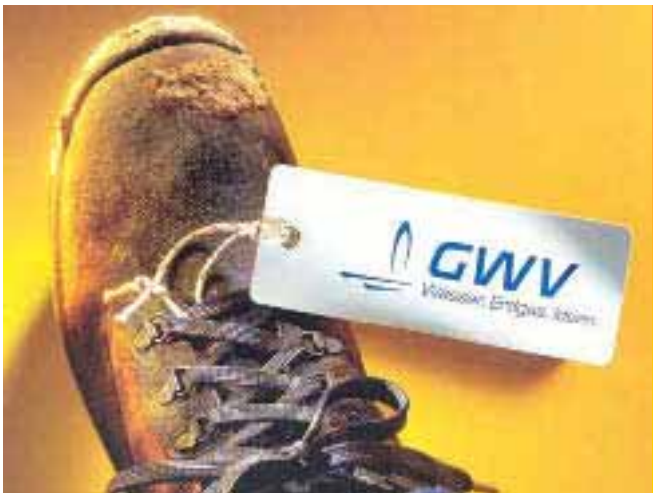
Bedeutung der verwendeten Formelzeichen:

COP_{GHP}	-	Leistungszahl der Gaswärmepumpe
Q_{GHP}	-	abgegebene Nutzwärmemenge in kWh
$Q_{GAS,GHP}$	-	zugeführte Erdgas-Nutzwärme
W_{elt}	-	Hilfsenergie in kWh

Im Zuge einer breiten Markteinführung der GHP-Technik in Deutschland und dem Auftreten mehrerer Anbieter wird eine Preissenkung durchaus als realistisch angesehen. Dadurch stellt die GHP-Anlage bereits im reinen Heizbetrieb eine interessante Alternative zu konventioneller Heiztechnik dar. Hinzu kommt durch die Versorgung des Gebäudes mit Kühlenergie ein wesentliches weiteres Komfortmerkmal. ■

Gasabsorptionsgeräte:
Gasabsorptionswärmepumpen im Kommunikationszentrum Fulda
Klaus Moll, Gas- und Wasserversorgung Fulda GmbH

(Es liegen ausschließlich Bilder vor).



Gasabsorptionswärmepumpen im Informations- und Technologie-Zentrum Fulda (ITZ)

Referent: Dipl.-Ing. Klaus Moll
GWV Fulda GmbH

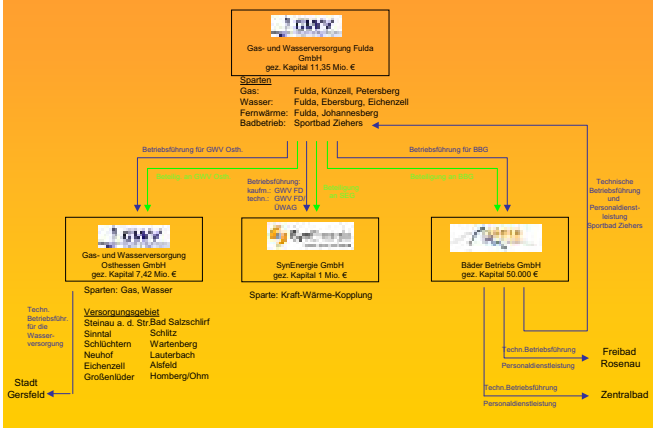
Gliederung:

1. Kurzvorstellung GWV
2. Vorstellung des Bauprojektes ITZ Fulda
3. Motivation
4. Eingesetzte Technologie
5. Betriebserfahrung

Gliederung:

1. **Kurzvorstellung GWV**
2. Vorstellung des Bauprojektes ITZ Fulda
3. Motivation
4. Eingesetzte Technologie
5. Betriebserfahrung

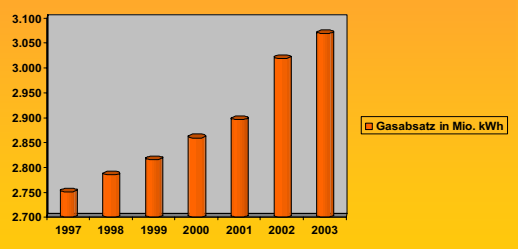
Unternehmensverbund



Versorgungsgebiet der GWV

Gasabsatz

Gasabsatz steigend



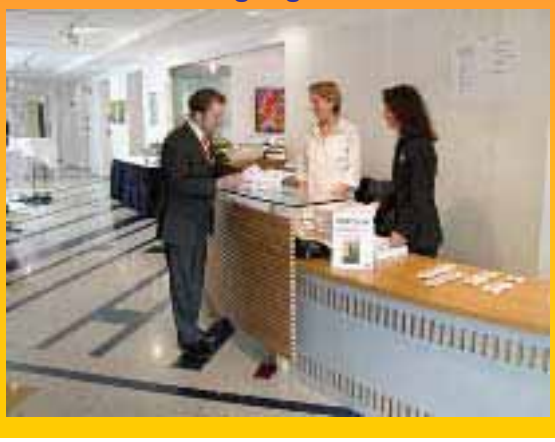
Gliederung:

1. Kurzvorstellung GWV
2. **Vorstellung des Bauprojektes ITZ Fulda**
3. Motivation
4. Eingesetzte Technologie
5. Betriebserfahrung

Außenansicht ITZ

Außenansicht Rückseite ITZ

Innenansicht Eingangsbereich ITZ - Tresen



Seminarraum ITZ

Rahmendaten:

- Baufertigstellung: 1907
- Nutzung bis Ende der 80er Jahre als Schlachthof der Stadt Fulda
- Leerstand bis 1998
- 1999 – 2001 Umbau als Gründerzentrum
- 2001 offizielle Eröffnung

- Nutzfläche: 4.630 m²
- Konferenz- und Tagungsräume
- Büros
- Cafeteria
- Fitnessraum

➢ Nutzung primär für Existenzgründer im Bereich Informationstechnologie

Bauherr: Burg GmbH & Co.
Probsteihof 5
36100 Petersberg

Wünsche des Investors für den Bereich Heizung/Klima

- Intelligente und zuverlässige Technologie
- Abdeckung des Wärme- und des Kältebedarfes des Gebäudes
- Direktabrechnung mit den Mietern des Zentrums
- Contracting (Schonung der eigenen Liquidität)
- Ausbau des ITZ ist geplant

Gliederung:

1. Kurzvorstellung GWV
2. Vorstellung des Bauprojektes ITZ Fulda
3. **Motivation**
4. Eingesetzte Technologie
5. Betriebserfahrung

Motivation GWV

- Markteinführung dieser auf Erdgas basierenden Technologie
- Sammeln von Erfahrung mit Gasabsorptionswärmepumpen
- Ausbau des Contracting-Geschäftes
- Intensivierung der Beziehung zum Investor
- Werbeträger

Gliederung:

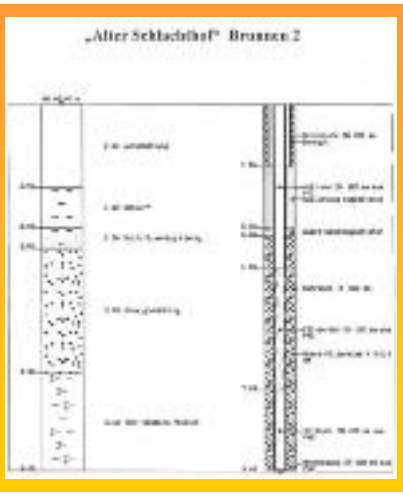
1. Kurzvorstellung GWV
2. Vorstellung des Bauprojektes ITZ Fulda
3. Motivation
4. **Eingesetzte Technologie**
5. Betriebserfahrung

Eingesetzte Technologie

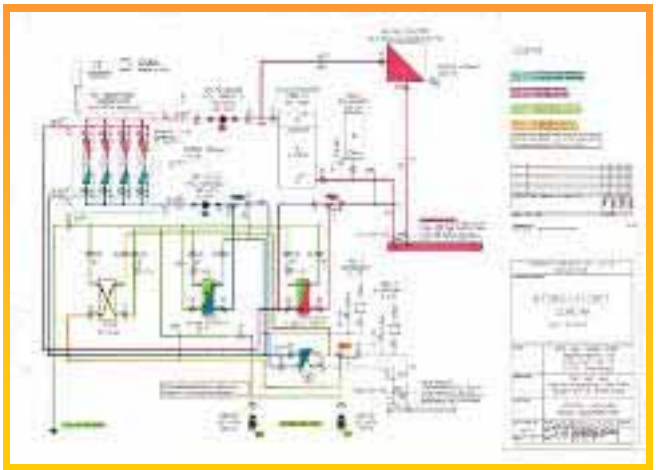
- 4 Gasabsorptionswärmepumpen (ROBUR ACFW 60-00)
  - Heizleistung 150 kW (35 ° / 50 °C)
  - Kälteleistung 70 kW (12 ° / 6 °C)
- Heizkessel 235 kW (50 ° / 70 °C) (Buderus LOGANO GE 315)
- 2 Förderbrunnen / 1 Schluckbrunnen Wärmequelle Grundwasser

Wassertemperaturen

	Temperatur bei Untersuchung in °C	
	Winter	Sommer
1995	9,3	11,8
1996	10,0	12,5
1997	9,9	10,0
1998	8,7	10,6
1999	9,9	11,1
2000	9,6	10,4
2001	9,9	13,0
2002	9,8	12,2
2003	9,8	11,4
2004	9,2	10,1



Brunnenkopf



Innenansicht der Anlage

Bei Grundwassernutzung zu beachten:

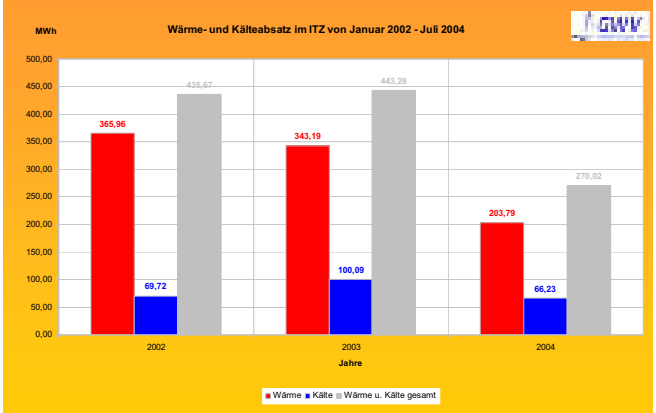
- Beantragung einer wasserrechtlichen Genehmigung nach § 7 Wasserhaushaltsgesetz
  - für Entnahme
  - und Versenkung
- ggf. hydrogeologisches Gutachten
- Leistungspumpversuch/Dauerpumpversuch zum Nachweis der Leistungsfähigkeit der Brunnen.

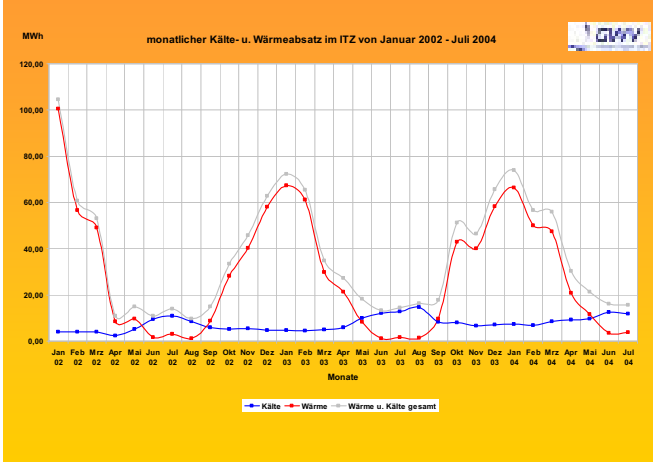
Gliederung:

1. Kurzvorstellung GWV
2. Vorstellung des Bauprojektes ITZ Fulda
3. Motivation
4. Eingesetzte Technologie
5. **Betriebserfahrung**

Betriebserfahrung

- Abstimmungsprobleme in der Regel- und Steuerungstechnik in der Inbetriebnahmephase
- zur Zeit: störungsfreier Betrieb von Heiz- und Kältebetrieb
- lediglich Teilauslastung des ITZ





Wirkungsgrade

- Heizbetrieb bis 135 %
- Kältebetrieb bis 65 %

Danke für die Aufmerksamkeit

Neue Gasabsorptionswärmepumpen
Siniša Šćepanović, Robur, Italien

Anforderungen

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

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

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

Funktionsprinzip und Ausführungen

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

- Verdampfer mit niedrigem Temperaturniveau
- Kondensator mit hohem Temperaturniveau

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

Die Robur W ist in zwei Ausführungen verfügbar:

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

Die Robur W Gasabsorptionswärmepumpe mit Erdwärmesonden

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

Die Robur W Gasabsorptionswärmepumpe in Ober/Grundwasser- Ausführung

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

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

Das 2-Mega-Watt Projekt in Haarlem, Holland

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

Das Heizungssystem besteht aus:

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

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

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

Vor der Renovierung verbrauchte jede Wohnung etwa 1.930 m^3 Erdgas pro Jahr für Heizung und Warmwasser. Durch die neue Dämmung wurde der Gasverbrauch auf 1.020 m^3 Erdgas pro Jahr gesenkt. Durch das
2-Megawatt-Projekt wurde dieser Wert schließlich auf 525 m^3 pro Wohnung pro Jahr reduziert. .

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

Feriendorf Pra delle Torri und Hotel Villa Magnolia, Italien

Das Feriendorf Pra delle Torri in Caorle und das Hotel Villa Magnolia in Torbole sind die typischen Installationen, bei denen die Vorteile der Gasabsorptionswärmepumpen zur Anwendung kamen.

Beide Einrichtungen benötigen ein einfaches System zur Heizung im Winter und Kühlung im Sommer, sowie zur Aufbereitung von Warmwasser für Sanitärbereich und Schwimmbad.

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

Fa. Hammer, Friedrichshafen
Das Bürogebäude der Fa. Hammer ist ein gutes Beispiel für die Anwendung der GAHP W Wärmepumpe mit dem Erdwärmetauscher.

Das System dient zur Heizung im Winter und Kühlung im Sommer. Im Gebäude sind die neuesten Boden-, Wand- und Gebläsekonvektoren- Anlagen installiert.

Vorteile der Wasser-Ammoniak-Gasabsorptionswärmepumpe W

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

Neue Serie GAHP Robur

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

Fa. Francesca, Trento, Italien & Fa. Tehnokom, Zagreb, Kroatien
Die neueste Anlage mit luftgekühlter Gasabsorptionswärmepumpe. Für Kühlung im Sommer und Heizung der Bürogebäude im Winter ist ein einzelnes Gerät „GAHP-AR“ eingerichtet.

Das Gerät ist luftgekühlt – d.h. es braucht keine Erdwärmesonde. Überprüft mit exzellenten Betriebsparametern mit externen Lufttemperaturen bis zu
-20°C.

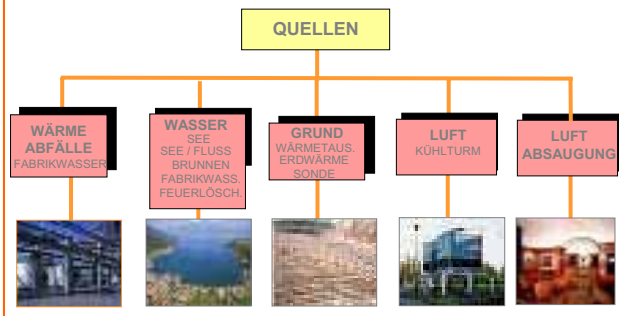
ROBUR

NEUE GASABSORPTIONSWÄRMEPUMPE

GAHP-W

GASABSORPTIONSWÄRMEPUMPE
WASSER - WASSER
Gleichzeitige Kühlung und Heizung

GASABSORPTIONSWÄRMEPUMPE
WASSER/WASSER- Gleichzeitige Kühlung und Heizung

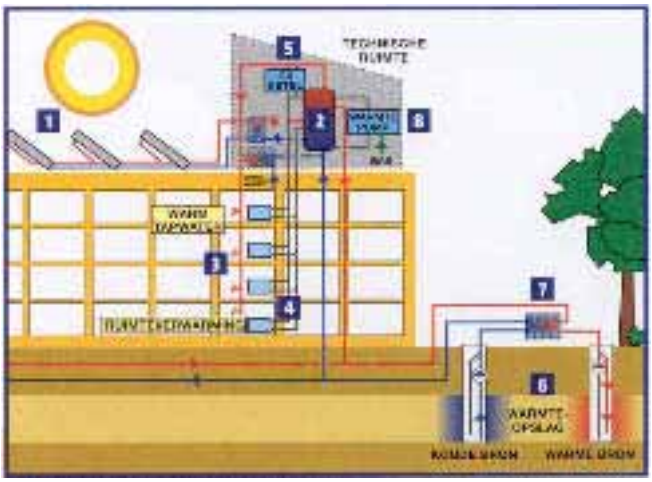


GASABSORPTIONSWÄRMEPUMPE
WASSER/WASSER- Gleichzeitige Kühlung und Heizung

BEISPIEL
NUR HEIZUNG MIT ERDSONDE

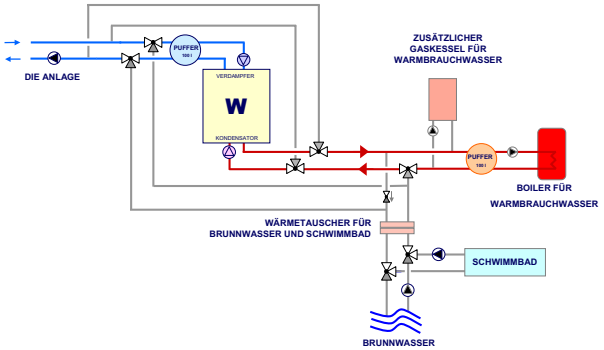
GASABSORPTIONSWÄRMEPUMPE
WASSER/WASSER- Gleichzeitige Kühlung und Heizung

BEISPIEL
HEIZUNG ODER KÜHLUNG
MIT OBER/GRUNDWASSER



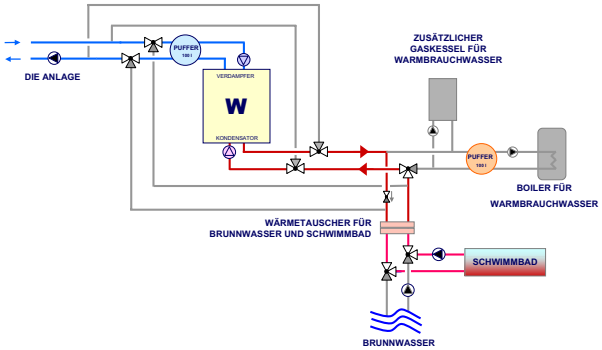
Hotel VILLA MAGNOLIA, TORBOLE, TRENTO

SOMMERBETRIEB



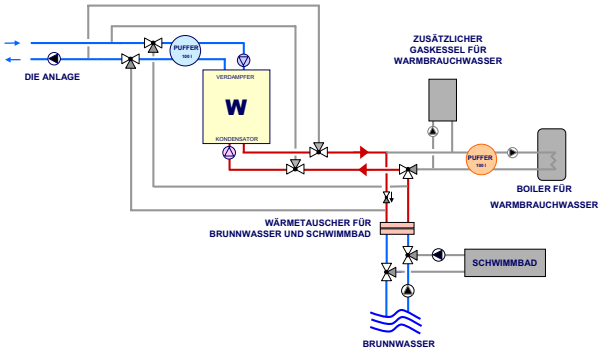
Hotel VILLA MAGNOLIA, TORBOLE, TRENTO

SOMMERBETRIEB



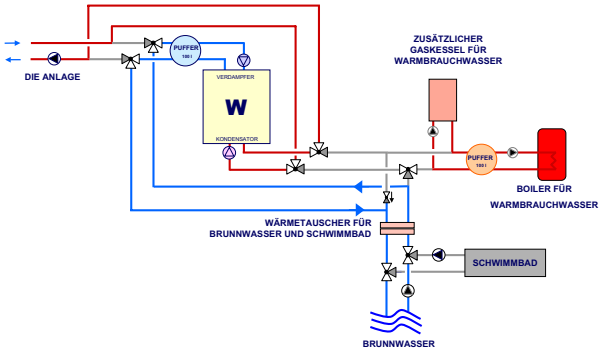
Hotel VILLA MAGNOLIA, TORBOLE, TRENTO

SOMMERBETRIEB



Hotel VILLA MAGNOLIA, TORBOLE, TRENTO

WINTERBETRIEB



Fa. HAMMER, FRIEDRICHSHAFEN

N. 1 GAHP–W (17/36 kW)

Fa. HAMMER, FRIEDRICHSHAFEN

N. 1 GAHP–W (17/36 kW)

Fa. HAMMER, FRIEDRICHSHAFEN

N. 1 GAHP–W (17/36 kW)

Feriendorf PRA DELLE TORRI, CAORLE, VENEDIG

N. 3 GAHP–W (51/108 kW)

Feriendorf PRA DELLE TORRI, CAORLE, VENEDIG

GASABSORPTIONSKESSEL – KALTWASSERSATZ WASSER/WASSER- Gleichzeitige Kühlung und Heizung

TNO Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschppelijk onderzoek
Testresultaten Juli 2003

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

ROBUR

NEUE GAHP SERIE

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

GAHP A
Gasabsorptionskessel luftgekühlt

GAHP HR
Gasabsorptionskaltwassersatz mit Wärmerückgewinnung

ROBUR

GAHP IN DEUTSCHLAND

ISOCAL
Friedrichshafen

COMBIWELL
Hagen

KÄLTRO
Berlin

ÖKÖ ENERGY SYS
Strasbourg

Einsatz in der Industrie aus Sicht des Planers

Arno Hölzlein, Bamberg

(Es liegen ausschließlich Bilder vor).

Begrüßung Vorstellung

Dipl. Ing. (FH) Arno Hölzlein

Firmensitz

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

ALPHA FM GmbH
Pödeldorfer Str. 146
96050 Bamberg

Hölzlein Ingenieure GmbH
Ingenieurbüro
Fleischergasse 1
07546 Gera

Unternehmensgruppe

Unternehmensgruppe

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

Absorptions-Kältemaschine “Einsatz in der Industrie”

Einsatzort - Auftraggeber

Maschinenbaubetrieb für die Bearbeitung von Komponenten großer Maschinen durch Zerspanung.

Vorgaben

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

Gegebenheiten Elektroanschluss

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

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

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

Gegebenheiten Gasanschluss

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

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

Ausführung

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

Kälteerzeugung

1 Absorptions-Kältemaschine Fabrikat York, Typ YMPC-F10EX

Kälteleistung
352 kW

Brennstoffbedarf
311 kW

Abwärme
637 kW

gasbeheizt
Erdgas
50 mbar

Option Wärmeerzeugung

Heizen und Kühlen nicht gleichzeitig möglich, nur alternativ

Technische Daten Heizung

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

Kaminanschluss

Abgastemperatur
180°C - 220°C

Rückkühlwerk

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

Kühlwasserpumpen

Zwischenbehälter Kühlwasser

Klimakaltwasser - Pufferspeicher und Verteiler

lange Laufzeit Kältemaschine

*

5 m³ Pufferspeicher

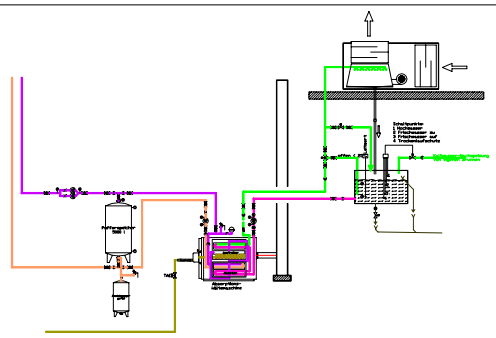
*

Klimakalt-wasser

Auslegungs-temperatur

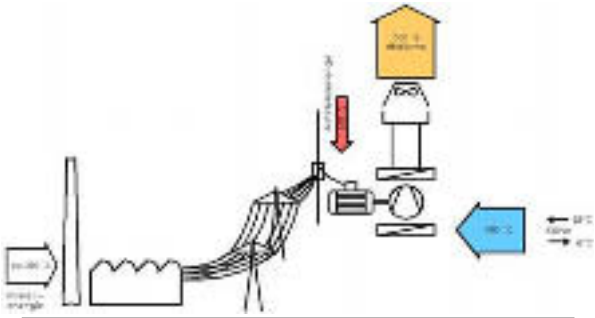
7°/13°C

Hydraulikschema



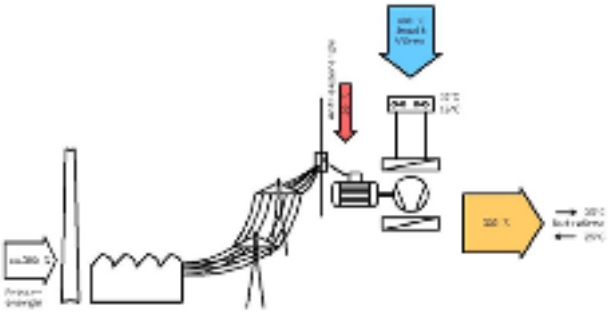
Energieflußschema

Elektrischer Verdichter Kältemaschine



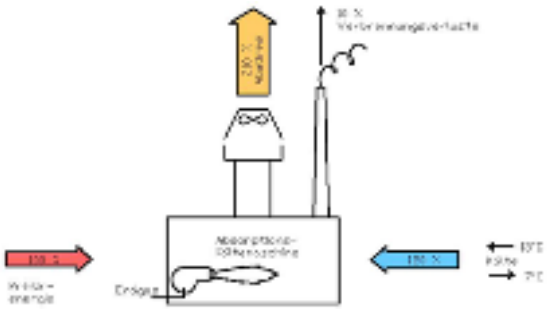
Energieflußschema

Elektrischer Verdichter Wärmepumpe



Energieflußschema

Gasbeheizte Absorptionskältemaschine



Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeitsvergleich

Absorptions – Kältemaschine / Verdichter - Kältemaschine

Standort z.B. Bamberg

Grundlagen

	Absorption	Verdichter
Herstellungskosten Kältemaschine	77.000,- €	45.000,- €
Kälteleistung	350 kW	350 €
Antriebsleistung	311 kW Gas	102 kW Strom
Stromaufnahme Hilfsaggregate	4 kW	1,0 kW Strom
Herstellungskosten Kühlturm	8.000,- €	7.000,- €
Kühlturmleistung	661 kW	453 kW
Stromaufnahme Kühlturm	3 kW	1,3 kW
Wasserverbrauch Kühlturm	1,5 m³/h	1,0 m³/h
Herstellungskosten Kühlturmpumpe	2.500,- €	2.000,- €
Förderleistung Q / H	97 m³/h / 2,0 bar	62 m³/h / 2,0 bar
Stromaufnahme	8,3 kW	5,5 kW
Herstellungskosten Gesamt	87.500,- €	54.000,- €

Kapitalgebundene Kosten

	Absorption		Verdichter
Herstellungskosten	10.500,- €	77.000,- €	54.000,- €
Nutzungsdauer	15 J.	20 J.	15 J.
Zins / a	5 %	5 %	5 %
Annuität	9,63 %	8,02 %	9,63 %
Kapitalkosten pro a	1.010,- €	6.170,- €	
Kapitalkosten pro a	Summe = 7.180,- €		5.250,- €

Verbrauchsgebundene Kosten bei 2000 Volllaststunden / a

Gas	Absorption	Verdichter
Antriebsleistung Gas H_u	311 kW	-
Antriebsleistung bezogen auf H_o	340 kW	-
Leistungspreis 0,70 € / kW - Mo 340 kW x 0,70 € / kW x 12 Mo = 2.856,- €	Wenn eine Heizung mit einer vergleichbaren Nennleistung vorhanden ist fällt kein Leistungspreis an.	
Arbeitspreis 0,032 € / kWh		
Gasverbrauch 340 kW x 2000 h =	680 MWh	
Kosten 680 MWh x 0, 032 € / kWh =	21.760,- € / a	-
Gaskosten	21.760,- € / a	

Strom	Absorption	Verdichter
Leistungsaufnahme	15,3 kW	109,8 kW
Leistungspreis 87,43 € / kVA . a		
Scheinleistung bei cos phi 0,9 =	17 kVA	122 kVA
17 kVA x 87,43 € / kVA . a 122 kVA x 87,43 € / kVA . a	1.480,- € / a	10.670,- € / a
Arbeitspreis 0,0974 € / kWh		
Stromverbrauch pro a	30,6 MWh	219,6 MWh
Kosten pro a	2.980,- € / a	21.390,- € / a
Σ Stromkosten	4.460,- € / a	32.060,- € / a

Wasser 2 € / m³	Absorption	Verdichter
Wasserverbrauch pro h	1,5 m³ / h	1,0 m³ / h
Wasserverbrauch pro a	3.000 m³ / a	2.000 m³ / a
Kosten pro a	6.000,- € / a	4.000,- € / a
Σ Verbrauchsgeb. Kosten		
	21.760,- €	– €
Gas	4.460,- €	32.060,- €
Strom	6.000,- €	4.000,- €
Wasser		
	32.220,- € / a	36.060,- € / a

Betriebsgebundene Kosten	Absorption	Verdichter
Wartung und Instandhaltung 4 % der Herstellungskosten	3.500,- € / a	2.140,- € / a

Jährliche Gesamtkosten

Kapitalgebundene Kosten	7.180,- €	5.200,- €
Verbrauchsgebundene Kosten	32.220,- €	36.060,- €
Betriebsgebundene Kosten	3.500,- €	2.140,- €
	42.900,- € / a	43.400,- € / a

Bei Verdichter zusätzliche Trafostation 80 kW

20.000,- € bis 630 kVA	anteilig ca. 3.000,- €	
+ Baukostenzuschuss 80 € pro kW	6.400,- €	
60.000,- € Übergabestation	anteilig ca. 8.000,- €	
	17.400,- €	
		1.700,- € / a

Wartung