ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR SPARSAMEN UND UMWELTFREUNDLICHEN ENERGIEVERBRAUCH E.V.



## Heizen - Kühlen - Klimatisieren mit Gaswärmepumpen

**Fachtagung** 

21. April 2005, Starnberg



**Materialien** 

#### Veranstalter/Herausgeber:

#### **ASUE**

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

#### In Zusammenarbeit mit:

#### **Bayerngas GmbH**

Poccistraße 9 80336 München

#### BDB Bund Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure e.V.

Wildenowstraße 6 12203 Berlin

#### FGK Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.

Danziger Straße 20 74321 Bietigheim-Bissingen

#### VDA Verband Deutscher Architekten e.V.

Edelsbergstraße 8 80686 München

#### Heizen – Kühlen – Klimatisieren mit Gaswärmepumpen

Der Klimatisierungs- und Kältebedarf ist in Deutschland in den letzten Jahren signifikant gestiegen. Dieser ungebrochene Trend erfordert wirtschaftliche und umweltverträgliche Kälteerzeugungsverfahren.

Bei bestehenden Gebäuden werden Klimalösungen oftmals nachträglich realisiert, d.h. zu einem bestehenden Heizsystem kommt ein Klimasystem hinzu. Gerätelösungen, die mehrere Funktionen (Heizen und Kühlen) erfüllen, werden zu selten berücksichtigt.

Geräte, die mit dem Umwelt schonenden Erdgas betrieben werden, haben viele Vorteile: Gasklimaanlagen mit Kompressionsmotor können z.B. hohe Heizleistungen auch bei niedrigen Außentemperaturen bereitstellen. Gasklimageräte auf Absorberbasis zeichnen sich durch ein hervorragendes Teillastverhalten und geringe Geräuschentwicklung aus. Außerdem sind die Betriebskosten durch die für Erdgas im Vergleich zu Strom niedrigeren Energiepreise vergleichsweise geringer.

Darüber hinaus können durch den Einsatz einer Primärenergie wir Erdgas Ressourcen geschont und die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre gesenkt werden.

Die Fachtagung vermittelt einen Überblick über die verfügbaren Systemlösungen und gibt praxisnahe Planungs- und Installationshilfen. Ergänzt wird dieses durch Praxisberichte bestehender Anlagen.

Das Thema ist für Planer und Berater aus Industrie, Gewerbe und Ingenieurbüros von Bedeutung. Darüber ist es u.a. wichtig für das Fachhandwerk, Architekten und Mitarbeiter von Gasversorgungsunternehmen.

#### Referenten und Vorträge

#### Begrüßung und Moderation

Dr. H. Hechler, Bayerngas GmbH, München

#### Notwendigkeit der Klimatisierung und Kühlung in Gebäuden

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

#### Heizen, Kühlen, Klimatisieren mit Erdgastechniken

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

#### Planungsgrundlagen und Installation von gasmotorischen Klimageräten

M. Gruss, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., München

#### Eigenschaften von Gasklimageräten

S. Schwarze, Kaut GmbH, Wuppertal

#### Einsatzbeispiele gasmotorischer Klimageräte

M. Becker, Berndt GmbH, Gelsdorf

## Praxiserfahrungen mit einem gasmotorischen Klimagerät in einem Verwaltungsgebäude

H. Kaumeier, erdgas schwaben GmbH, Augsburg

#### Grundlagen und Funktionsweise von Gasabsorptionswärmepumpen

Dr. J. Arthkamp, ASUE e.V., Essen

#### Neue Gasabsorptionswärmepumpen

A. v. Rohr, Isocal GmbH, Friedrichshafen

#### Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung im Praxiseinsatz

D. Jelinek, Bayerngas GmbH, München

## Notwendigkeit der Klimatisierung und Kühlung in Gebäuden

G. Mertz, Bietigheim-Bissingen

#### Notwendigkeit der Klimatisierung und Kühlung in Gebäuden

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 m³/h betragen. Unterstützt wird diese Raumluftbewegung durch die Wärmeabgabe durch Verdunstung. Hierdurch steigt der Feuchtegehalt der Luft, so dass deren Partialdruck sinkt und sie ebenfalls nach oben strömt. Die Strahlungswärmeabgabe dagegen wird nur wirksam zwischen der Körperoberfläche des Menschen und den im Raum befindlichen Oberflächen wie Möblierung, Wände und Decke.

#### Temperaturempfinden

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

- Aktivitätsgrad des Menschen
- Bekleidung des Menschen
- Raumlufttemperatur
- Raumluftfeuchtigkeit
- Raumluftgeschwindigkeit
- Temperatur der Umschließungsflächen

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

#### Aktivitätsgrad und Wärmeabgabe

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

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

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

#### Der Einfluss der Raumlufttemperatur

Der oben erwähnte Bereich für die Raumlufttemperatur hat auch in der DIN 1946 Teil 2 (Raumlufttechnik, Gesundheitliche Anforderungen) seinen Niederschlag gefunden. Bereits Hettinger hat 1980 in seinem Buch "Ergonomie am Arbeitsplatz" u. a. auf die Zusammenhänge zwischen der Leistungsfähigkeit des Menschen und der Raumtemperatur deutlich hingewiesen und betont, dass "Klimatisierung des Arbeitsraumes … nicht nur eine soziale, sondern auch eine echte wirtschaftliche Maßnahme" ist. Um die thermische Behaglichkeit zu gewährleisten, darf der Temperaturunterschied durch Schichtung in einem Raum nicht mehr als 2 K pro Meter Raumhöhe betragen.

#### Der Einfluss der Raumluftfeuchte

Die relative Feuchte der Raumluft ist ein Maß für die Sättigung der Raumluft mit Wasserdampf. Aus Behaglichkeitsgründen sollte eine relative Feuchte von 30 % nicht unterschritten werden, da ansonsten bei der Atmung den Schleimhäuten zuviel Wasser entzogen wird und sie unter anderem ihre Reinigungsfunktion nicht mehr wahrnehmen können. Eine relative Feuchte von 65 % sollte dagegen nicht überschritten werden, damit die Verdunstungswärmeabgabe noch in ausreichendem Maß stattfinden kann. Aus diesem Grund darf auch der absolute Wassergehalt x der Raumluft nicht größer als 11,5 gw/kgtr.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 VRFgesteuerten 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

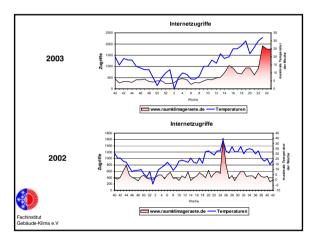
und gleichzeitig warmes Brauchwasser erzeugen. Im Gegensatz zu elektrisch angetriebenen Kältemaschinen, bei denen die Kompression des Kältemittels mechanisch über Verdichter erfolgt, basiert die Verdichtung bei der Absorptionskältetechnik auf einem anderen Prinzip. Absorptionsanlagen verdichten das Kältemittel, 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.

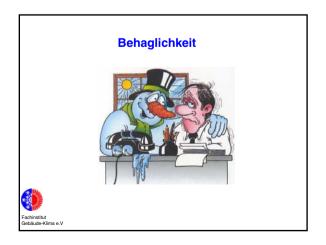
Mit der Entwicklung der Gas-Klimageräte können im Bereich der Raumklimatisierung neue Einsatzfelder erschlossen werden. Immer mehr Anwendungsbereiche interessieren sich für die Absorptionstechnik, um damit Gas, Öl, Dampf oder Abwärme in Kälteleistung zu verwandeln. Auf der Basis dieser Technologie wird 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.

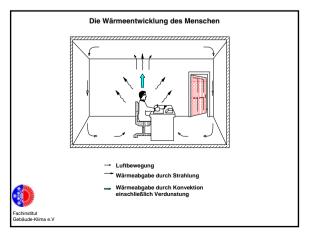






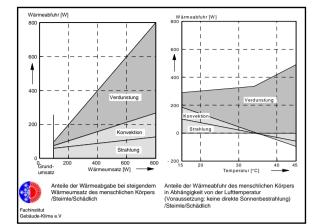




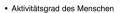


#### Die Wärmeentwicklung des Menschen

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	870 - 1400

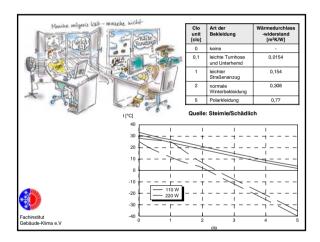


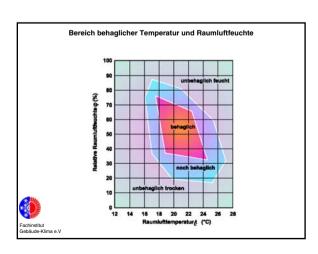
Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

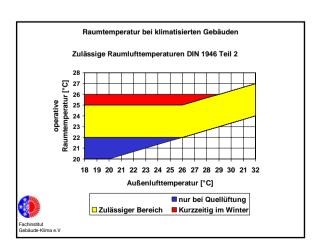


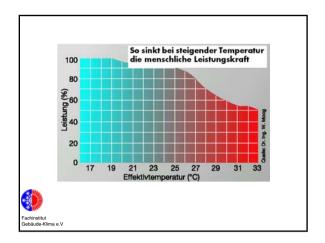
- Bekleidung des Menschen
- Raumlufttemperatur
- Raumluftfeuchtigkeit
- Raumluftgeschwindigkeit
- Temperatur der Umschließungsflächen

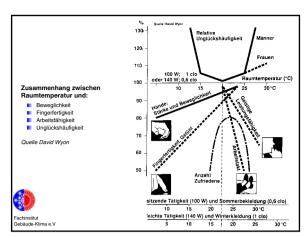


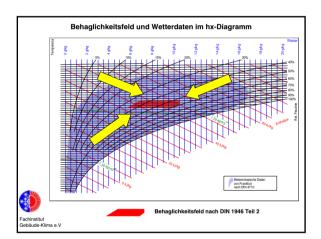


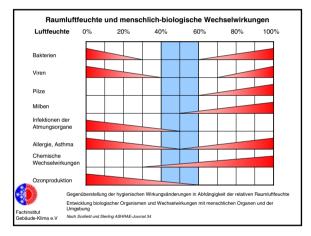


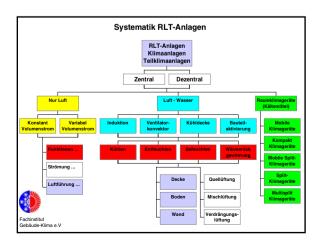


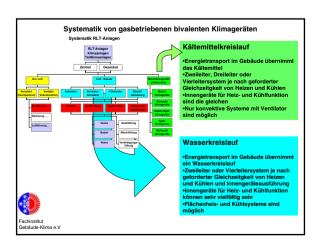


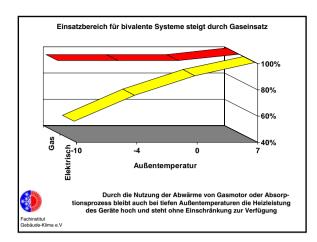


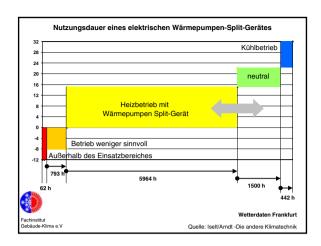


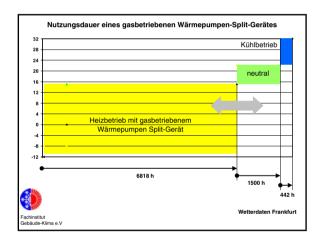


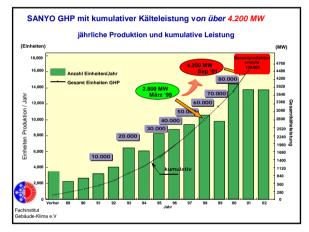


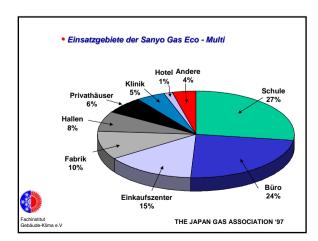


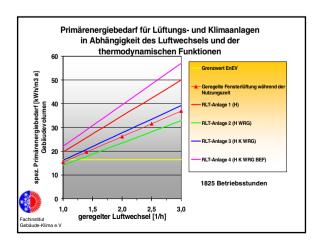


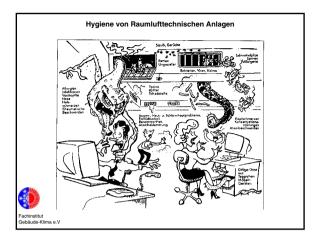












#### Warum sind Hygienekontrollen in RLT-Anlagen keine Selbstverständlichkeit?

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

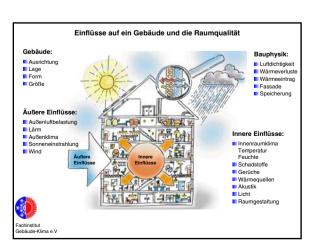


#### Komponenten:

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 h\u00f6heren Verschmutzung der W\u00e4rmetauscher zur rechnen.







# Heizen, Kühlen, Klimatisieren mit Erdgastechniken C. Müller, Göppingen

#### Heizen, Kühlen, Klimatisieren mit 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. Wird hingegen die Kühlfunktion genutzt, spricht man von einer Kälteanlage.

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<sub>2</sub>-Emissionen in der Größenordnung von 15 % und beim Einsatz von Absorptionsanlagen zu Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emisssionen von 8 %. Auch die

Emissionen an Luftschadstoffen gehen deutlich zurück. Mit dem Rückgang der Emissionen (**Bild 9**) 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 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 10). 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 11**), 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 12**) zum Teil mit den Einsparungen an Atomkraftwerken der 1.000 MW-Klasse!

In diesen GHP (**Bild 13**) 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 14**) wird das Kältemittel vom Außengerät bis zu jedem Klimagerät (Innengerät) geführt. Über Hydraulikmodule (**Bild 15**) 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 16**) 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 17**) 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 18) 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 19). 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 20**) 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 20). Wie beim Einsatz von rationellen Energietechniken häufig erforderlich, wird das Mehr der Investition durch das Weniger beim Betrieb von Absorbern wieder kompensiert, so dass sich in der Summe ein wirtschaftlicher Vorteil ergibt. Die zukünftigen Entwicklungen werden diesen positiven wirtschaftlichen Trend für die Absorber verstärken.

Dieses Beispiel zeigt aber auch deutlich die Schwierigkeit bei der wirtschaftlichen Beurteilung von Projektalternativen. Bei der Schaffung von langlebigen Anlagen sollte eine kurzfristige Marktänderung nicht die Berechnung der Wirtschaftlichkeit dominieren. Im vorgestellten Beispiel hätte ohne Absorber nur ein Vorteil für wenige Jahre erzielt werden können, die überwiegende Zeit hätte der Betrieb ohne Absorber zu wirtschaftlichen Nachteilen geführt!

#### Fazit und Zusammenfassung

Der Bedarf zur Kühlung und Klimatisierung in Gebäuden wird in Deutschland immer größer. Großer Bedarf ist insbesondere im Bereich bis zu einer Kühlleistung von 100 KW gegeben. Bisher werden hierfür überwiegend elektrisch angetriebene Geräte eingesetzt. Eine kostensparende und primärenergetisch vorteilhafte Alternative sind durch "Gas Heat Pumps", kurz GHP, gegeben. Diese neue Generation gasmotorisch

angetriebener Klimageräte wurde in Japan entwickelt und wird von zwei japanischen Herstellern über deutsche Vertriebspartner seit einem Jahr angeboten. Die GHP kann zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden. Die Kombination von Heizen und Kühlen mit einem System macht die GHP deutlich wirtschaftlicher als getrennte Anlagen für Kühlung und Wärmeversorgung.

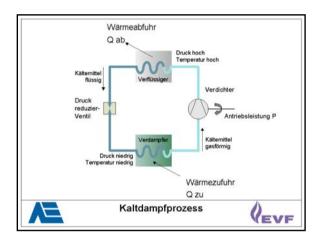
Das Heizen, Kühlen und Klimatisieren mit den verfügbaren gasmotorischen Anlagen und Absorbern sowie dem Energieträger Erdgas ist realisierbar. Die Techniken sind erprobt und ausgereift. Sie haben über viele Jahre die Praxistauglichkeit bewiesen. Das Angebot an verfügbaren Geräten ist schon heute beachtlich und wird ständig größer. Der gasmotorische Kaltdampfprozess sowie der Absorptionsprozess haben gegenüber den konventionellen Systemen (strombetriebener Kaltdampfprozess) den Vorteil der Einsparung an Energie. In Verbindung mit Erdgas können die Emissionen an Klimagasen und Luftschadstoffen deutlich reduziert werden.

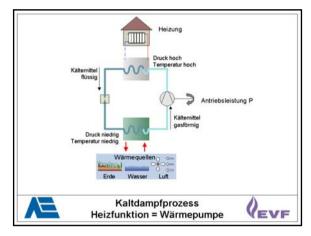
Ökonomisch sind in vielen Fällen die gasmotorischen Anlagen und Absorber eine interessante Alternative gegenüber der herkömmlichen Technik. Der Grund für eine bisher etwas zögerliche Verbreitung ist sicherlich in der mangelnden Kenntnis und in Informationsdefiziten zu suchen. Zur Realisierung ist entsprechend fundiertes Wissen über den Aufbau und die Auslegung erforderlich, so dass der spätere Betreiber vor Problemen bewahrt wird.

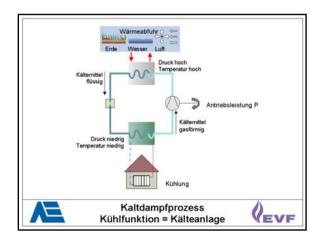
Heizen und Kühlen mit einem Gerät generiert Vorteile. Die finanziellen Aufwendungen für die Beheizung und die Kühlung der Gebäude können hiermit reduziert werden und liefern einen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Darüber hinaus wird die Umwelt nachhaltig und dauerhaft entlastet.

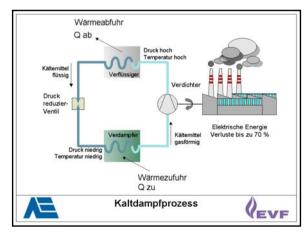


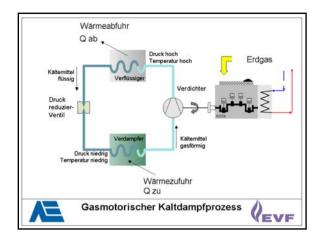


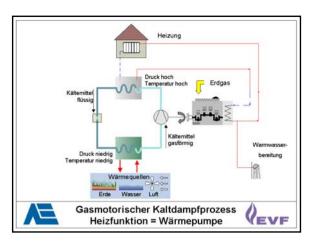


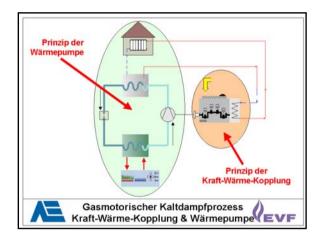


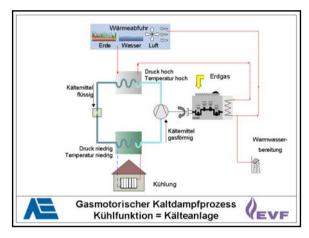


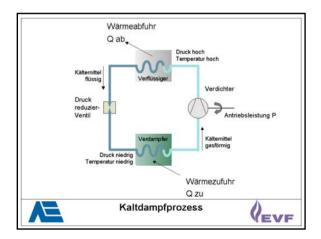


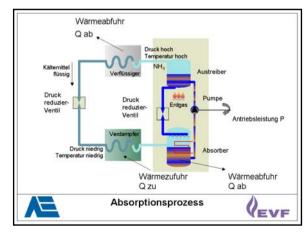




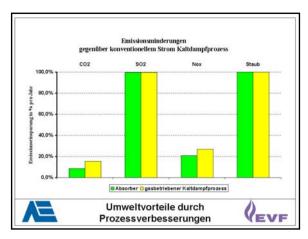


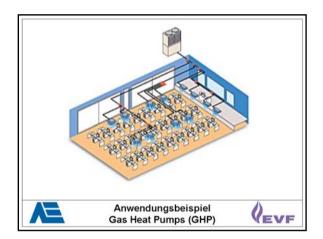




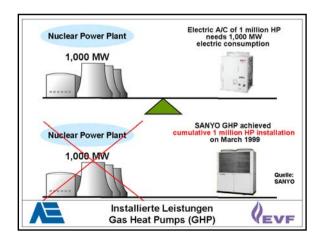




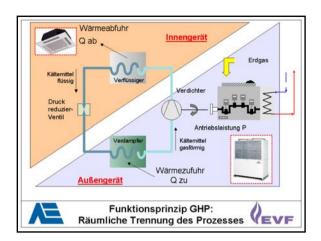


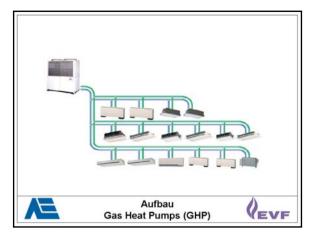




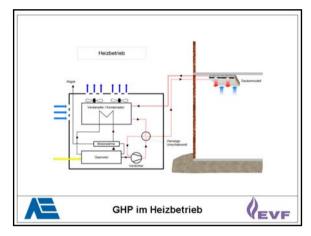


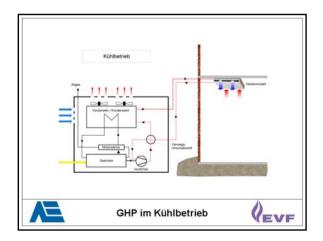


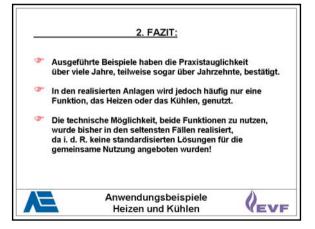




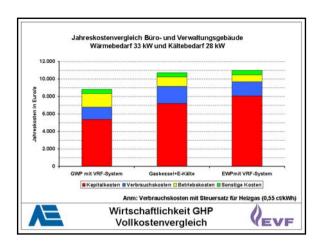




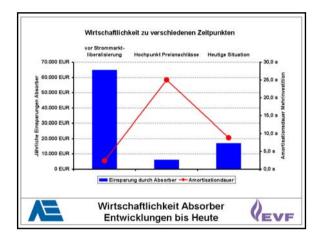












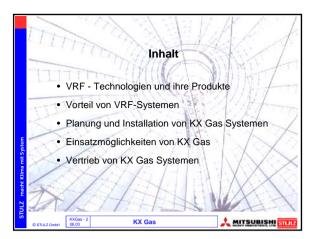
# 3. FAZIT: GHP erfordert weniger Investitionen. Einsparungen von Kapitalkosten. Gemeinsam mit Energiekosteneinsparungen sehr wirtschaftlich. Absorber erfordert mehr Investitionen. Refinanzierung über Energiekosteneinsparungen. Mit Energiekosteneinsparungen wirtschaftlicher Betrieb. Anlagenwahl langfristige Festlegung. Kurzfristige Entwicklungen sollten wirtschaftliche Entscheidungen nicht dominieren.

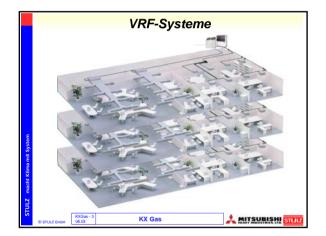


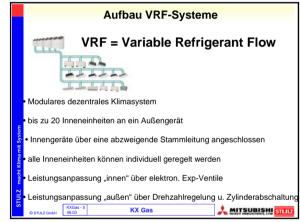
## Planungsgrundlagen und Installation von gasmotorischen Klimageräten

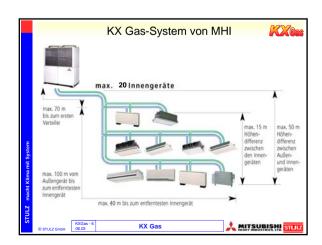
M. Gruss, München

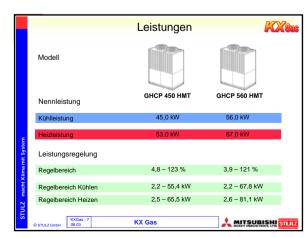




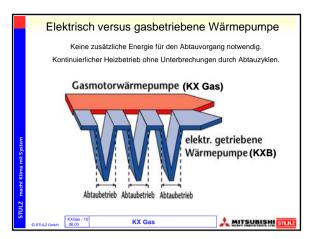


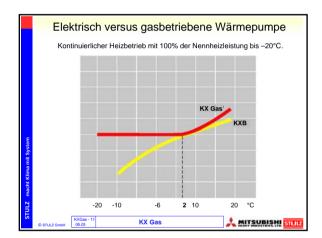


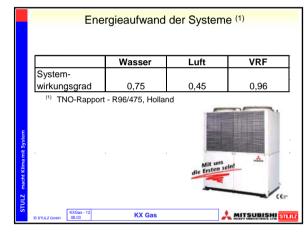




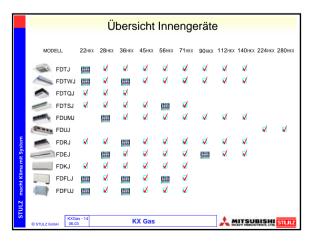




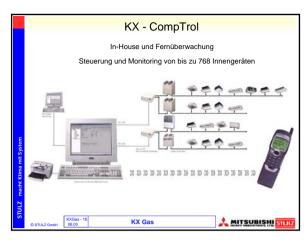




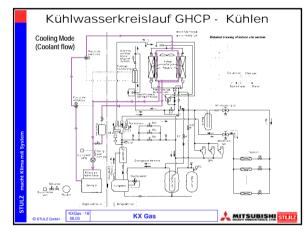


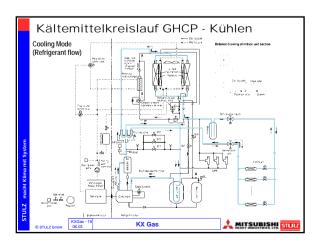


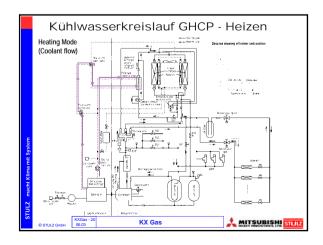


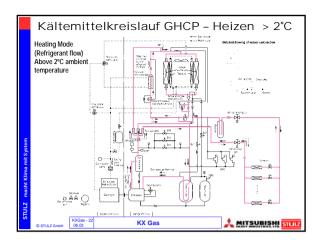


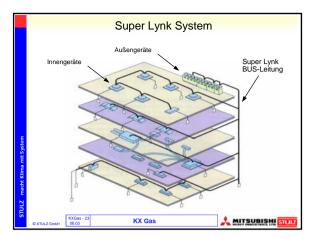


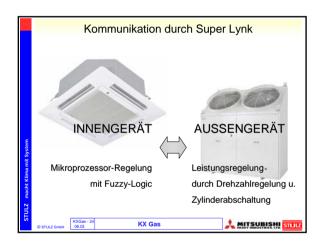


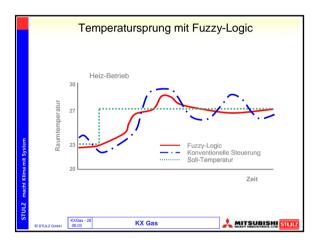


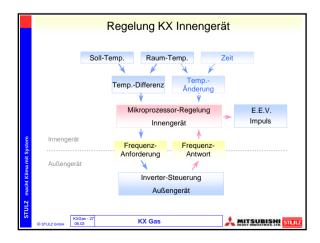


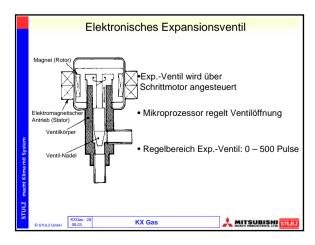


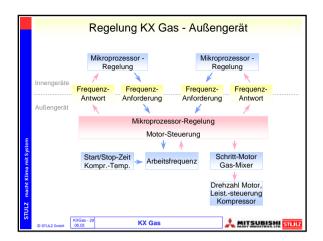


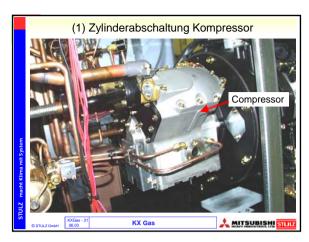


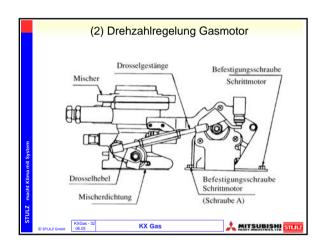




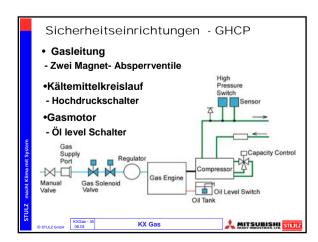


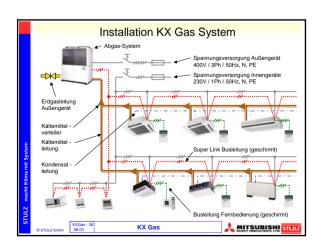


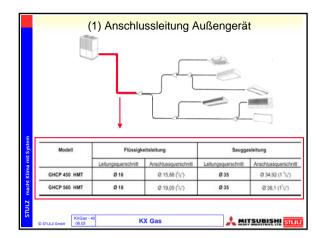


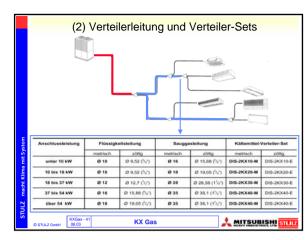


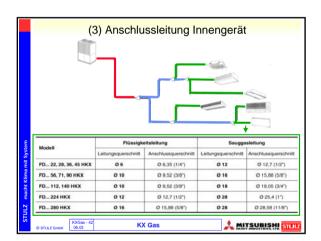


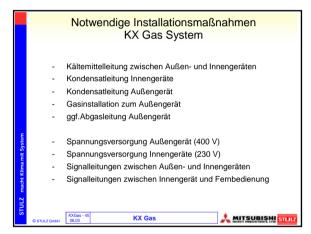


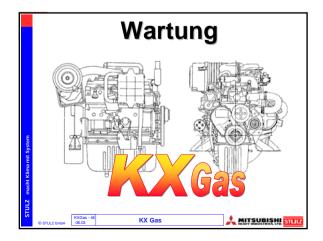


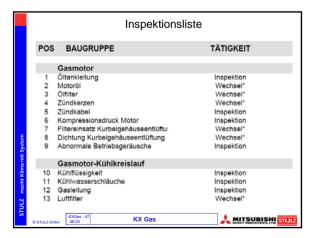


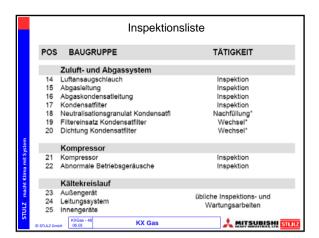


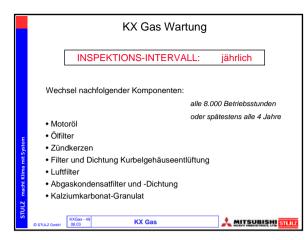


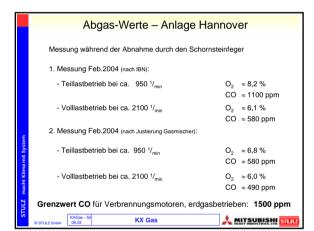


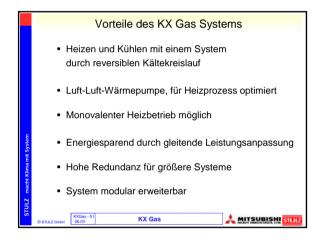


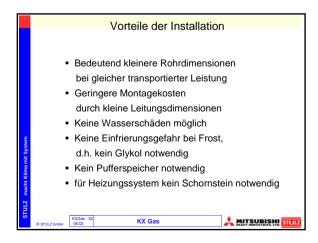






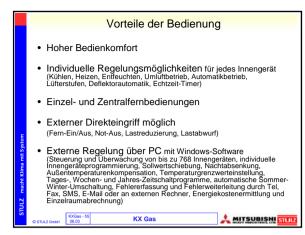


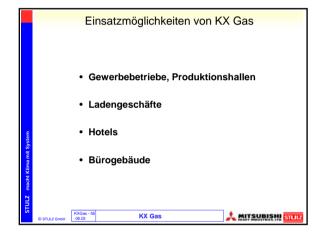














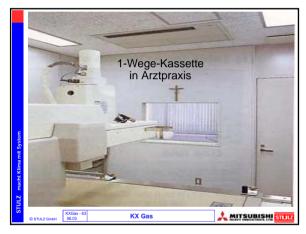
























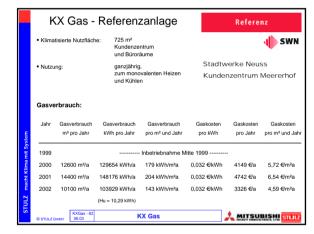


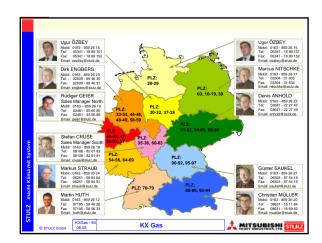
















### Eigenschaften von Gasklimageräten

S. Schwarze, Wuppertal

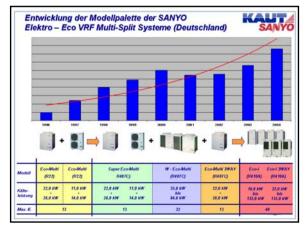




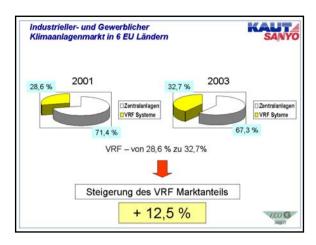


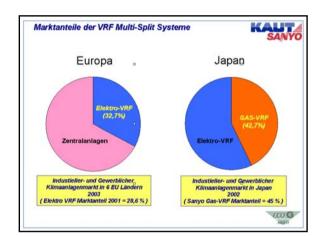


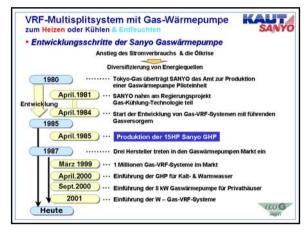




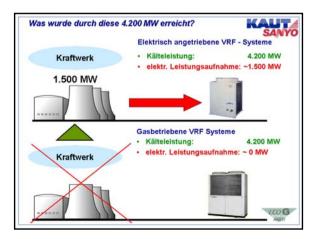








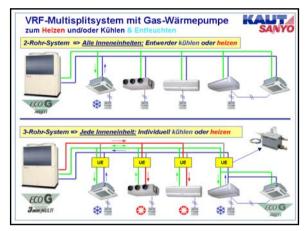


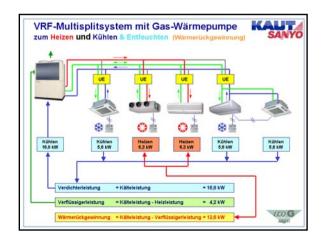




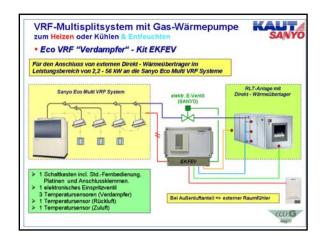




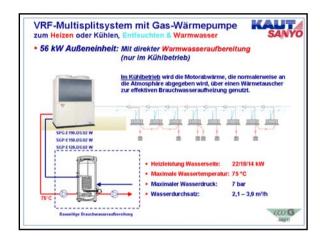




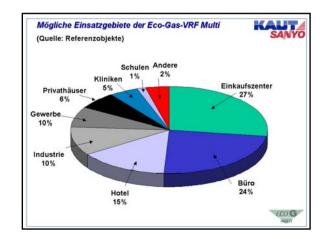




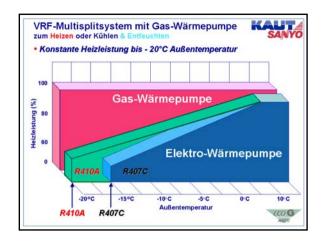


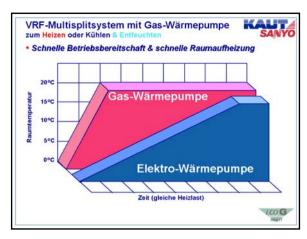


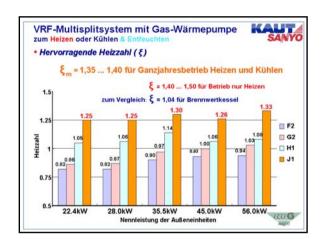


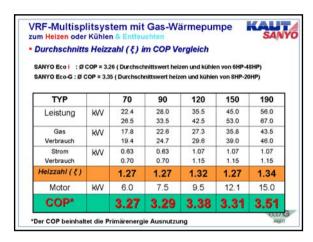


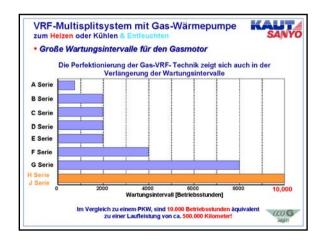




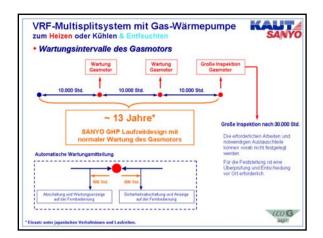


















# Einsatzbeispiele gasmotorischer Klimageräte M. Becker, Gelsdorf

#### Einsatzbeispiele gasmotorischer Klimageräte

Marcus Becker, Berndt GmbH, 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)</li>
- 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.

- Direktverdampfung bzw. Kondensation (VRF-System)
   FCKW-freies Kältemittel als Energieträger / Multisplitsystem
- 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<sub>2</sub>-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**

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

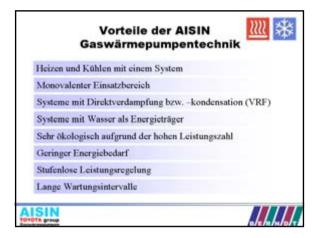
#### **WRG**

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.

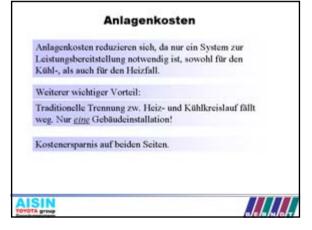




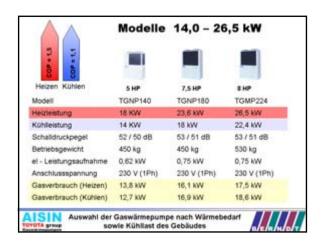




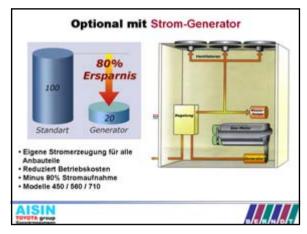




	Modelle 33,5 - 67,0 kW			
B Heizen Kühlen	10 HP	13 HP	16 HP	20 HP
Modell	TGNP280	TGMP355	TGMP450	TGMP560
Heizleisbung	33,5 KW	42,5 kW	53 KW	67 KW
Kühlleistung	28 KW	35,5 kW	45 kW	56 kW
Schalldruckpegel	57 / 55 dB	58 / 56 dB	57 / 56 dB	58 /57 dB
Betriebsgewicht	560 kg	560 kg	790 kg	790 kg
el - Leistungsaufnahme	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









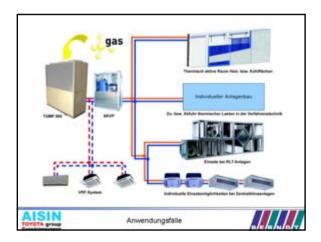












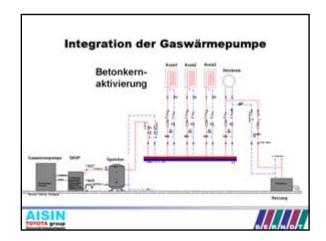






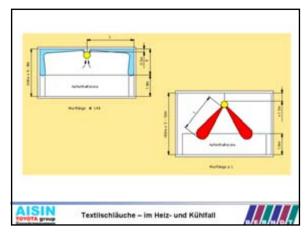








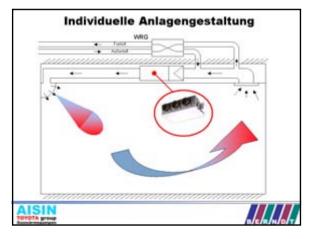






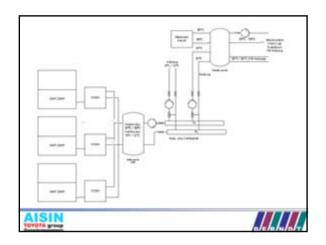


















## Praxiserfahrungen mit einem gasmotorischen Klimagerät in einem Verwaltungsgebäude

H. Kaumeier, Augsburg

















Eiste Erfahrungen nach 52 Tagen

Inbetriebnahme: 21.02.2005

Zahlerstande am 14.04.2005

Betriebsstunden: 963 Bh

Störungen: keine III

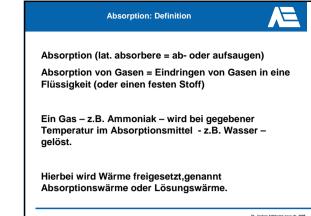


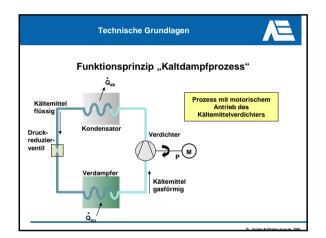


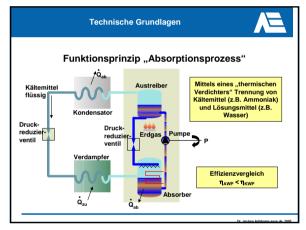
### Grundlagen und Funktionsweise von Gasabsorptionswärmepumpen

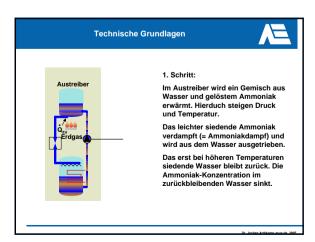
Dr. J. Arthkamp, Essen

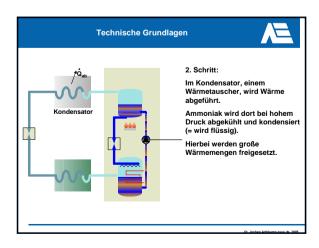


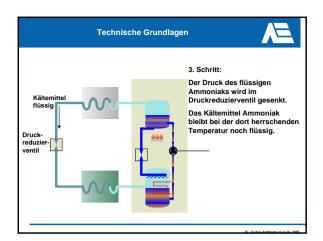


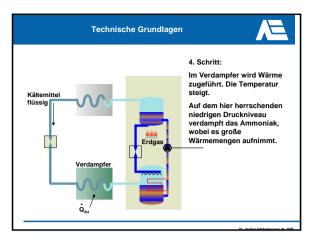


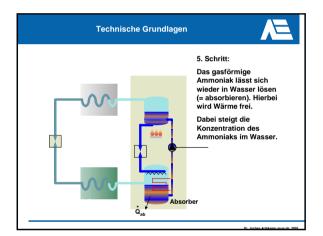


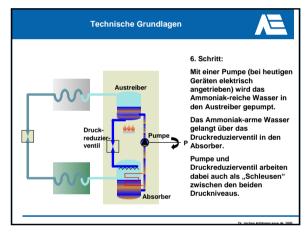


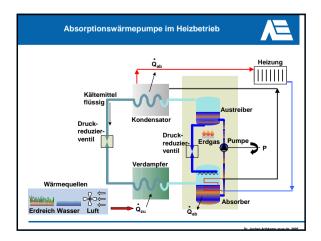


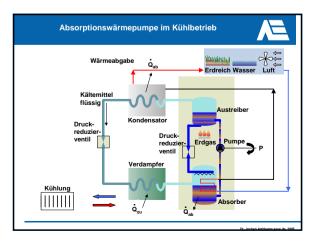












#### Charakteristika von

#### Gasabsorptionswärmepumpen



- Trennung von Verbrennungsprozess und "Antrieb" des "thermischen Verdichters"
  - Optimierung der Verbrennung kann unabhängig vom Kälteprozess erfolgen
     sehr geringe Emissionen realisierbar
  - vibrationsarm
  - im Prozess leiser
- höherer apparativer Aufwand als bei motorischen Gasklimageräten (Gaswärmepumpen)
- etwas geringerer Wirkungsgrad
- Korrekte Auslegung der Vor- und Rücklauftemperaturen erforderlich!!

### Neue Gasabsorptionswärmepumpen A. von Rohr, Friedrichshafen

### Neue Gasabsorptionswärmepumpen

Alexander v. Rohr, isocal, Friedrichshafen

### Anforderungen

Die konstante Entwicklung und Implementierung energieeinsparender Normen in der Gebäude- und Installationstechnik sowie die Verschärfung der 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 eine sehr große Nachfrage nach Produkten aus, die ökologisch wie ökonomisch Maßstäbe setzen. Da es im Bereich der klassischen Verbrennungstechnik nach der Etablierung der Brennwerttechnik schon aus physikalischer Sicht keine nennenswerten Verbesserungsmöglichkeiten mehr gibt, steht mit den Gasabsorptionswärmepumpen jetzt eine Technologie marktreif zur Verfügung, die den Energieeinsatz noch einmal deutlich reduziert.

### **Funktionsprinzip**

Da die Antriebsenergie in Form von Gas mittels eines Gasbrenners eingebracht wird, sind höhere Temperaturen als bei strombetriebenen Wärmepumpen erreichbar. Somit können die Aggregate auch bei Vorlauftemperaturen von 65°C noch mit einer sehr guten Effizienz betrieben werden. Luft/Wasser-Absorptionswärmepumpen ermöglichen auf diese Weise auch bei Temperaturen unter -20°C noch den monovalenten Betrieb.

Bei dem Kältekreislauf handelt es sich um einen hermetisch geschlossenen Ammoniak/Wasser-Kreislauf, der im Laufe der Lebensdauer weder geöffnet noch gewartet werden muss.

Nach dem Prinzip der Wärmepumpe wird ein Drittel der benötigten Nutzwärme aus der Umwelt entnommen, zwei Drittel stammen aus der Gasverbrennung, was einen entscheidenden Vorteil gegenüber elektrischen Kompressionswärmepumpen mit sich bringt.

Da Kompressionswärmepumpen ca. ein Drittel der Nutzwärme aus der Antriebsenergie Strom und zwei Drittel aus der Umwelt entnehmen, ist der Wärmetauscher zur Nutzung der Umweltenergie auch ca. doppelt so groß auszulegen. Wird z.B. Erdwärme in Verbindung mit einer Erdsonde als Wärmequelle genutzt, fallen die Gesamtinvestitionskosten für Wärmepumpe und Sonde bei Gasabsorptionswärmepumpen um bis zu 1/3 geringer aus als bei Kompressionswärmepumpen.

Die GAHP-W Gasabsorptionswärmepumpe enthält zwei voneinander unabhängige, getrennte Wasserkreisläufe:

- Verdampfer mit niedrigem Temperaturniveau
- Kondensator mit hohem Temperaturniveau

Die Wärme wird aus einer Energiequelle bei niedrigem Temperaturniveau entnommen (Wasser, Luft, Erdwärme, Prozesswärme...) und erzeugt Warmwasser bis zu einer Temperatur von + 65° C.

Sofern die Möglichkeit besteht, kann die warme und die kalte Seite des Prozesses gleichzeitig genutzt werden (Kühlung von Serverräumen bei gleichzeitigem Heizbetrieb, Prozessanwendungen usw.). In solchen Fällen wird eine außergewöhnlich hohe Wirtschaftlichkeit erreicht, da mit einem Teil Gas 2,3 Teile Nutzenergie nutzbar gemacht werden können.

### Vorteile

Entweder im Parallelbetrieb (GAHP-W) oder per Umschaltung (GAHP-AR) können die Wärmepumpen auch zur aktiven Kühlung verwendet werden. Sie sind somit neben einer hocheffizienten Heizung auch eine vollwertige Kältemaschine in Form eines Kaltwassersatzes. Bei Bedarf können somit nicht nur Temperaturen von +65°C, sondern auch bis -5°C und darunter zur Verfügung gestellt werden.

Da der Prozess ohne Kompressor auskommt, sind kaum bewegliche Teile notwendig.

Dies hat neben geringen Wartungs- und Instandhaltungskosten auch eine hohe Lebensdauer zur Folge.

Der Kälteprozess basiert auf einem Gemisch aus Ammoniak und Wasser, wobei Ammoniak das Kältemittel darstellt. Da es sich bei Ammoniak um einen natürlichen Stoff handelt, ist es als Kältemittel ökologisch absolut unbedenklich und hat weder ein Ozonschädigungspotential noch begünstigt es den Treibhauseffekt.

Die Investitionskosten für das Aggregat sind in etwa vergleichbar mit denen der elektrischen Wärmepumpen, die Gesamtinvestition inklusive der Erdsonde fällt aber ca. 1/3 geringer aus.

### Modellreihe

Die erd- oder flüssiggasbetriebenen Gasabsorptionswärmepumpen werden als wassergekühlte Ausführung (Wasser/Wasser oder Sole/Wasser) und als Luft/Wasser-Ausführung angeboten:

### GAHP-W (Wasser/Wasser):

 Wasser/Wasser-Absorptionswärmepumpe zum Heizen und Kühlen. Nutzt als Energiequelle die Wärme z.B. aus Brunnen-, Oberflächenwasser oder
 Prozessen

### GAHP-W-LB (Sole/Wasser):

- Sole/Wasser-Absorptionswärmepumpe zum Heizen und Kühlen. Nutzt als Energiequelle z.B. die im Erdreich gespeicherte, natürliche Wärme.

### GAHP-AR (Luft/Wasser):

 Luft/Wasser-Absorptionswärmepumpe zum Heizen und Kühlen mit Außenluft als

### Energiequelle

### GAHP-A (Luft/Wasser):

 Luft/Wasser-Absorptionswärmepumpe für den Heizbetrieb mit Außenluft als Energiequelle

### Ausführungsbeispiele

### Das 2-Mega-Watt Projekt in Haarlem, Holland

Das 2MW Projekt ist ein einzigartiges Beispiel für energieeffizienten Wohnungsbau, bei dem zum ersten Mal modernste Energietechniken in einem solchen Umfang eingesetzt wurden. Es wurde in den Umbau einer bereits bestehenden Wohnanlage mit 382 Wohnungen investiert.

### Das Heizungssystem besteht aus:

- Sonnenkollektoren
- Wasserspeichern
- Brauchwasserkreislauf
- Heizungskreislauf
- Brennwertkessel
- Grundwasser-Wärmespeicher
- Wärmetauscher
- Robur Gasabsorptionswärmepumpen 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 in dieser Kombination ist besonders interessant. Die im Sommer anfallende Wärme wird im Grundwasser gespeichert, um sie im Winter nutzen zu können.

Vor der Renovierung verbrauchte jede Wohnung etwa 1.930 m³ Erdgas pro Jahr für Heizung und Warmwasser. Durch die neue Dämmung wurde der Gasverbrauch auf 1.020 m³ Erdgas pro Jahr gesenkt. Durch das 2-Megawatt-Projekt wurde dieser Wert schließlich auf 525 m³ pro Wohnung pro Jahr reduziert.

Seit 2002 wurden in Haarlem 16 Robur W Einheiten installiert – jede mit 150 % GUE.

### Feriendorf Pra delle Torri und Hotel Villa Magnolia, Italien

Das Feriendorf Pra delle Torri in Caorle und das Hotel Villa Magnolia in Torbole zeigen typische Installationen, bei denen die Vorteile der Gasabsorptionswärmepumpen zur Geltung kommen.

Beide Einrichtungen benötigen ein einfaches System zur Beheizung im Winter und zur Kühlung im Sommer, sowie zur Bereitung von Brauchwasser und zur Schwimmbaderwärmung. Hierzu wurden die Gasabsorptionswärmepumpen Winstalliert.

### Firma Hammer, Friedrichshafen

Die Anlage der Firma Hammer ist ein typisches Beispiel für die Anwendung der GAHP W Wärmepumpe in einem Bürogebäude in Kombination mit einem Erdwärmetauscher.

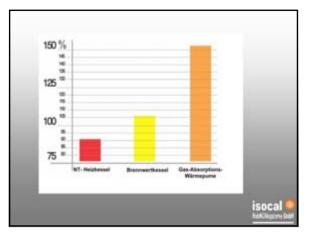
Das System dient zur Beheizung im Winter und Kühlung im Sommer. Im Gebäude sind verschiedene Flächenheiz- und kühlsysteme sowie Gebläsekonvektoren installiert.

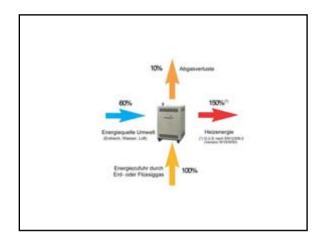
Das besondere an dieser Anlage ist die Kombination eines Erdwärmetauschers mit einem saisonalen Eisspeicher. Durch diese Kombination konnte eine weitere Effizienzsteigerung erreicht werden, da der größte Teil der für die Kühlung im Sommer benötigten Energie bereits im Winter als Abfallprodukt während des Heizbetriebes erbracht und gespeichert wird.

### Firma Francesca, Trento, Italien & Firma Thenokom, Zagreb, Kroation

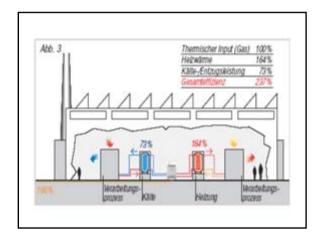
Die neueste Version, die luftgekühlte Gasabsorptionswärmepumpe bietet sich in allen Gebäuden mit Heiz- und Kühlbedarf an. Da es sich um die luftgekühlte Variante handelt, kann mit einem einzigen Gerät, ohne weitere Investition für Erdsonden, Brunnen..., im Sommer gekühlt und im Winter geheizt werden – bei Außentemperaturen bis unter -20°C.

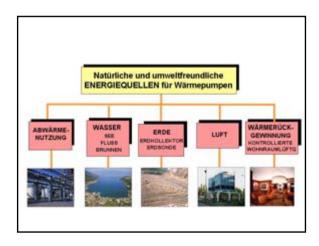


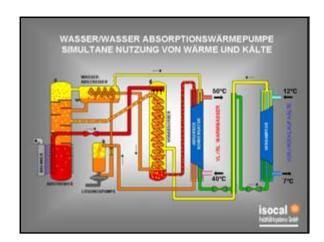


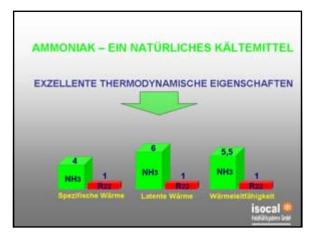


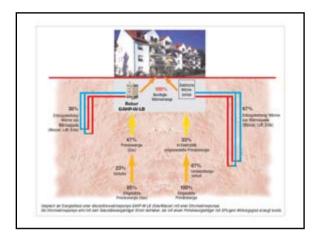










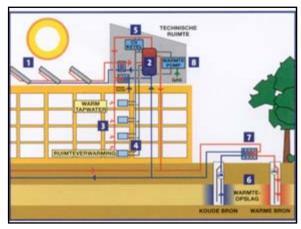




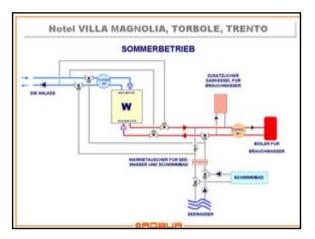


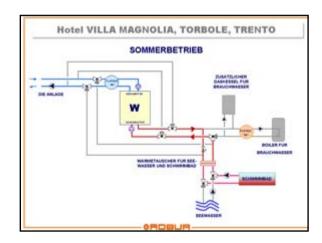


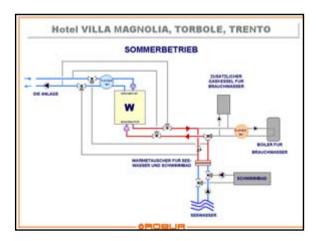








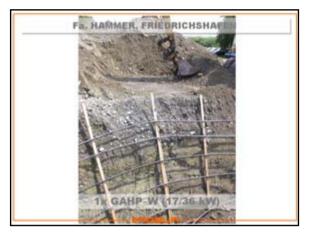




















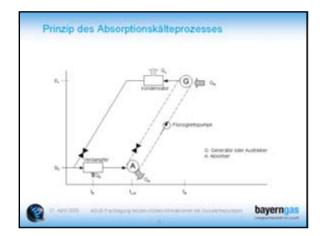


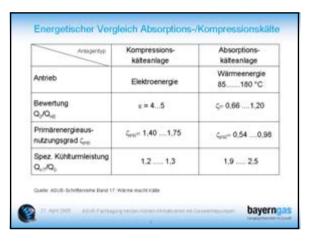


### Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung im Praxiseinsatz D. Jelinek, München

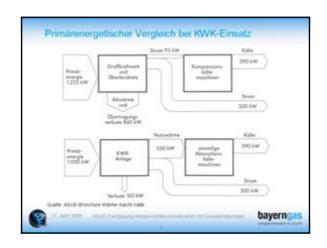


# Klimakälteerzeugung über BHKW-Abwärme Kombinierte Kälte-, Warme- und Stromerzeugung im kleinen ("Mikro-") Leistungsbereich Mikrogasturbine als KWK-Aggregat Abwärmeeinsatz der Gasturbine wechselweise zur Heizwärme- oder Klimakälteerzeugung Absorptionskältemaschine als Kälteaggregat Realisierung im Rahmen der Erneuerung der Heizenergiezentrale im Geschäftsgebaude der Bayerngas in München

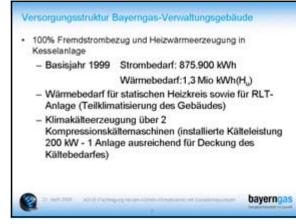










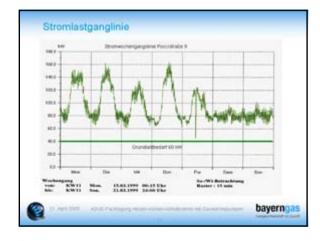


### Erneuerungsbedarf der Versorgungseinrichtungen

- Atmosphärische Gasheizkessel aus dem Jahr 1984
  - Abgasverlustbegrenzung zum 1.11.2004
  - Niedrige Jahresnutzungsgrade
  - Hohe Emissionen
- · Veraltete analoge Steuer- und Regeltechnik
- Kompressionskältemaschinen ebenfalls mittelfristig erneuerungsbedüftig



### Rahmenbedingungen für die Einbindung einer KWK-Anlage Strom- und Wärmelastganglinien Einbindung in die bestehende Versorgungsstruktur Verfügbare KWK-Aggregate Wirtschaftlichkeitsbetrachtung







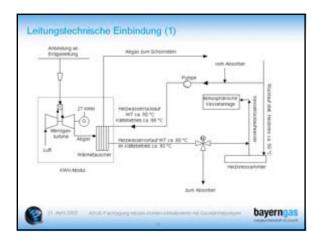


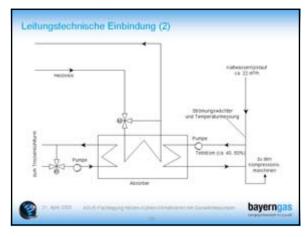












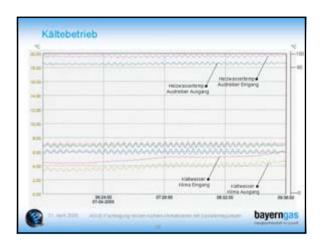








# Bewertung der Verlustenergie Abgasverlust Winterbetrieb ca. 8....12 % Sommerbetrieb ca. 15....20 % Kühlluftverlust Zur Kühlung der Elektronik und sonstigen Bauteilen dient Ansaugluft über einen Ventilator ΔT nach Verlassen des Turbinenpackages rd. 50 K Energieverlust in Bezug auf Primärenergieeinsatz ca 8 bis 10% Nutzung als vorgewarmte Verbrennungsluft für die Kesselgasverbrennung



# Wirtschaftlichkeit (1) Die Wirtschaftlichkeit ist stark abhängig von den spezifischen Gegebenheiten (Einbindungskosten/Peripherie können je nach Objekt in einer Bandbreite von 30 bis 130% der Anlagenkosten liegen) Strom- und Wärmepreis sind weitere entscheidende Faktoren Anlagekosten Mikrogasturbinenpackage 53,000 Euro Anlagekosten Absorptionskältemaschine inkl. Trockenkühler 29,000 Euro (ohne Container) spezifisch 784 Euro/kW Kälteleistung Einbindungskosten 50% der Anlagenkosten → 42,000 Euro abzüglich vermiedene Investitionen für Kessel/Kompressionskältemaschine rd. 20,000 Euro Bereinigte Investitionskosten 104,000 Euro Jährlicher Kapitaldienst bei 10a und 6% Zins: 14,130 Euro bayerngas



### Wirtschaftlichkeit (2)

- Folgerungen
  - Anlagenkosten, insbesondere f
    ür die AKM, sind noch zu hoch
  - Um eine h\u00f6here Marktakzeptanz zu erreichen, ist es zwingend erforderlich, die Komponentenkosten zu reduzieren (auch bei Turbinenpackage)
  - Wirtschaftlichkeit ist erst bei Fremdstromkosten von ca. 10,5 Ct/kWh gegeben (bei Gaspreisen von ca. 3 Ct/kWh)

