ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

# Heizen - Kühlen - Klimatisieren mit Gaswärmepumpen

## Fachtagung

## 19. Oktober 2005, Euskirchen

www.ASUE.de

# Materialien

**Veranstalter / Herausgeber:**

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

**In Zusammenarbeit mit:**

**Regionalgas Euskirchen GmbH & Co. KG**
Münsterstraße 9
53881 Euskirchen-Kuchenheim

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

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

**FVSHK** Fachverband Sanitär-Heizung-Klima
Nordrhein-Westfalen
Lindenstraße 87
40233 Düsseldorf

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

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

**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 $CO_2$-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**

Dr. P. Striebeck, Geschäftsführer der Regionalgas Euskirchen GmbH & Co. KG

**Notwendigkeit der Klimatisierung und Kühlung in Gebäuden**

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

**Klimatisieren, Kühlen und Heizen mit Erdgastechniken**

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

**Planung, Installation und Betrieb von Gasklimageräten**

- **Grundlagen und VRF-Technik**
  S. Schwarze, Alfred Kaut GmbH, Wuppertal
- **Alternative im Bestand und Neubau: Wasserbasierende Systeme**
  M. Becker, Berndt GmbH, Gelsdorf
- **Regelung/Steuerung und Gebäudemanagement**
  M. Gruss, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., München

**Grundlagen, Funktionsweise und Einsatzbeispiele von Gasabsorptionswärmepumpen**

A. von Rohr, Isocal GmbH, Friedrichshafen

**Praxiserfahrungen mit einer gasmotorischen Wärmepumpe in einem Kundenzentrum**

Dr. P. Nitschke-Kowsky, E.ON Ruhrgas AG, Essen

**Planung und Installation von Gasklimageräten im Betriebsgebäude der Regionalgas Euskirchen**

H. Linscheidt, Ingenieurbüro Linscheidt, Schleiden

**Moderation**

Horst Schell, Regionalgas Euskirchen GmbH & Co. KG

# 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 $m^3/h$ betragen. Unterstützt wird diese Raumluftbewegung durch die Wärmeabgabe durch Verdunstung. Hierdurch steigt der Feuchtegehalt der Luft, so dass deren Partialdruck sinkt und sie ebenfalls nach oben strömt. Die Strahlungswärmeabgabe dagegen wird nur wirksam zwischen der Körperoberfläche des Menschen und den im Raum befindlichen Oberflächen wie Möblierung, Wände und Decke.

## Temperaturempfinden

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

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

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

## Aktivitätsgrad und Wärmeabgabe

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

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

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

**Der Einfluss der Raumlufttemperatur**

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

## Der Einfluss der Raumluftfeuchte

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

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

## Schlussfolgerung der physiologischen Betrachtung

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

## Raumklimageräte: Flexible Lösungen zur Sicherstellung der thermischen Behaglichkeit

Raumklimageräte haben sich heute in vielen (teil-)klimatechnischen Anwendungsbereichen und Marktsegmenten einen festen Platz gesichert. Es gelang ihnen, sich neue Einsatzgebiete zu erobern wie beispielsweise größere Hotelkomplexe oder Bürogebäude, die mit modernster Multi-Splittechnik ausgestattet wurden. Die breite Produktpalette der Raumklimageräte – vom einfachen Portable bis zum VRF-gesteuerten Multi-Splitsystem – ermöglicht es, bedarfs- und anwendungsspezifisch den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten und individuellen Nutzeranforderungen Rechnung zu tragen. Dies gilt sowohl im Neubaubereich als auch, in noch stärkerem Maße, in der Sanierung und bei der nachträglichen Installation klimatechnischer Systeme. Nicht nur bei den Endverbrauchern haben Raumklimageräte eine hohe Akzeptanz – auch bei Planern und anlagenbauenden Unternehmen der Technischen Gebäudeausrüstung gewinnt diese Technik zunehmend an Bedeutung. Mittlerweile gehört die Planung und Installation solcher Geräte- und Systemlösungen, bei denen es sich, da es keine deutschen Hersteller gibt, ausschließlich um Importware handelt, für viele Unternehmen der „klassischen" Klimatechnik zur täglichen Arbeit. Mit einer ausgereiften Technik, ansprechendem Design und energieökonomischen Lösungen bieten Raumklimageräte neue Systemlösungen sowohl für den Neubau als auch für das große Potenzial im Sanierungsbereich. Dies zeigt sich an vielen Praxisbeispielen, die belegen, dass Split- und Multisplit-Systeme mittlerweile mit großem Erfolg in immer mehr Gebäudetypen zum Einsatz kommen. Selbst Anwendungen oberhalb des 100 kW-Bereiches gehören heute zum Standard. Neben den bedarfsgeregelten Kühlungs- und 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.

# Notwendigkeit der Klimatisierung und Kühlung in Gebäuden

**Günther Mertz**
Geschäftsführer
Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

PRESSE INFORMATION

FACHINSTITUT GEBÄUDE-KLIMA e.V., Danziger Str. 20, 74321 Bietigheim-Bissingen
Telefon (07142) 54498, Telefax (07142) 61298

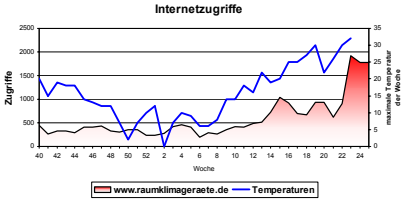
**Gerichtsurteil: 26 Grad im Büro sind genug**

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

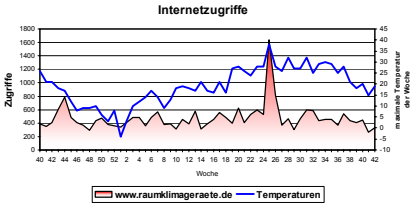
Hohe Raumtemperaturen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Auf diesen Zusammenhang weist das Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Bietigheim-Bissingen, hin. „Bei einem Anstieg der Temperaturen auf über 22 Grad Celsius muss bereits mit einem Abfall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

Schon ab einer Raumtemperatur von 22°C sinkt die Leistungsfähigkeit.

**2003**




**2002**

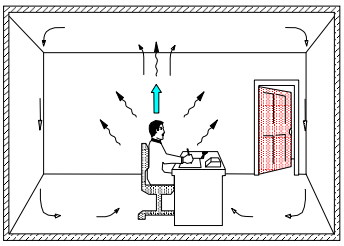



Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

# Behaglichkeit

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

**Die Wärmeentwicklung des Menschen**



→ **Luftbewegung**

⇝ **Wärmeabgabe durch Strahlung**

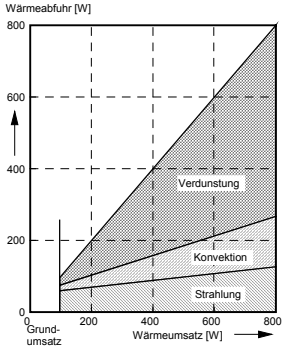
➡ **Wärmeabgabe durch Konvektion einschließlich Verdunstung**

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

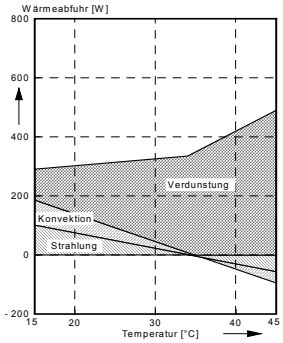
## Die Wärmeentwicklung des Menschen

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

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V




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




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

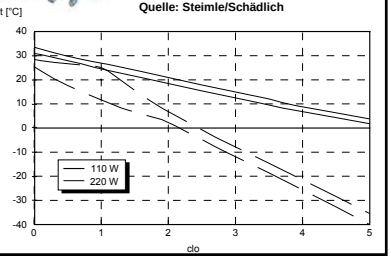
Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

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

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

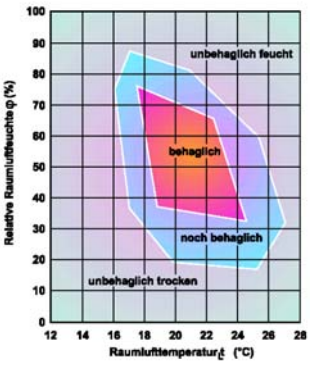
| Clo unit [clo] | Art der Bekleidung | Wärmedurchlass -widerstand [m²K/W] |
|---|---|---|
| 0 | keine | - |
| 0,1 | leichte Turnhose und Unterhemd | 0,0154 |
| 1 | leichter Straßenanzug | 0,154 |
| 2 | normale Winterbekleidung | 0,308 |
| 5 | Polarkleidung | 0,77 |

**Quelle: Steimle/Schädlich**




Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

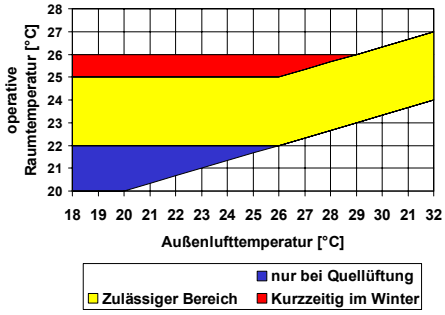
## Bereich behaglicher Temperatur und Raumluftfeuchte



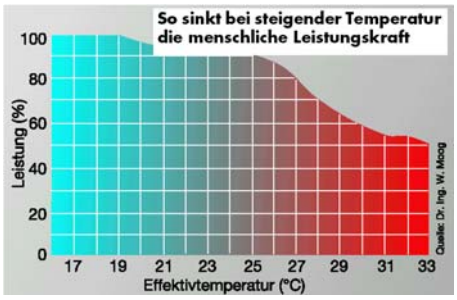

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

## Raumtemperatur bei klimatisierten Gebäuden

### Zulässige Raumlufttemperaturen DIN 1946 Teil 2




Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

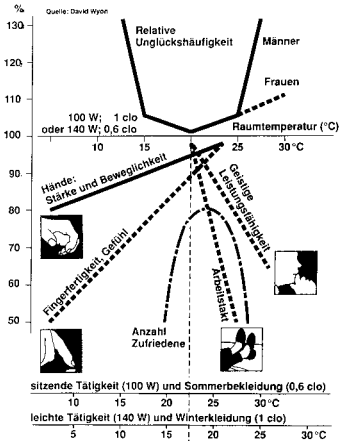



Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

**Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und:**

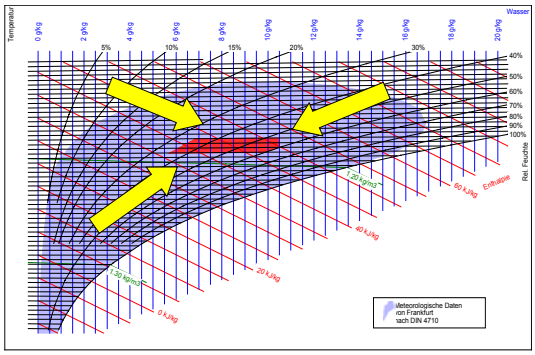
- Beweglichkeit
- Fingerfertigkeit
- Arbeitsfähigkeit
- Unglückshäufigkeit

*Quelle David Wyon*




Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

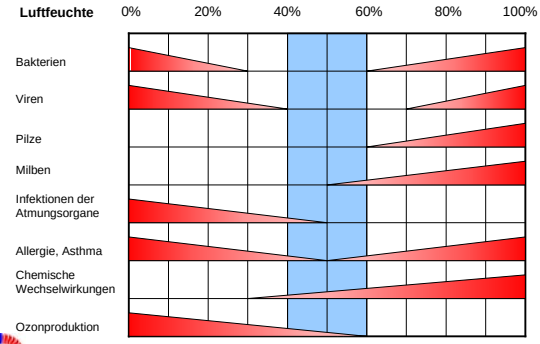
## Behaglichkeitsfeld und Wetterdaten im hx-Diagramm




Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946 Teil 2

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

## Raumluftfeuchte und menschlich-biologische Wechselwirkungen



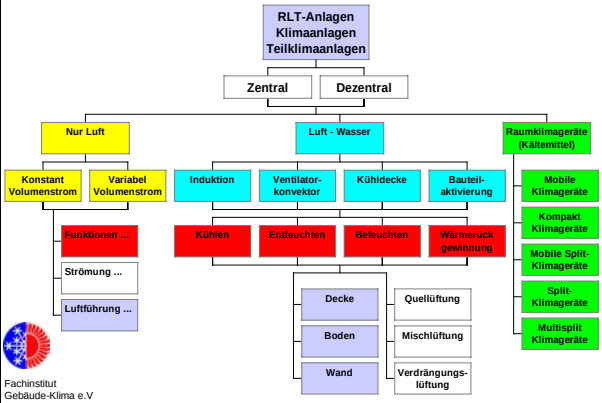

Gegenüberstellung der hygienischen Wirkungsänderungen in Abhängigkeit der relativen Raumluftfeuchte

Entwicklung biologischer Organismen und Wechselwirkungen mit menschlichen Organen und der Umgebung

*Nach Scofield und Sterling ASHRAE-Journal 34*

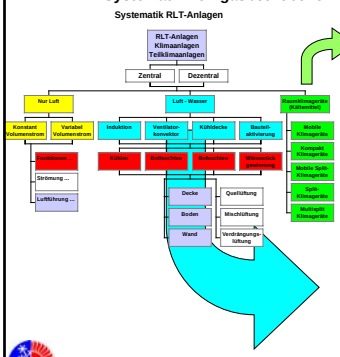
Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

## Systematik RLT-Anlagen




Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

## Systematik von gasbetriebenen bivalenten Klimageräten




**Kältemittelkreislauf**

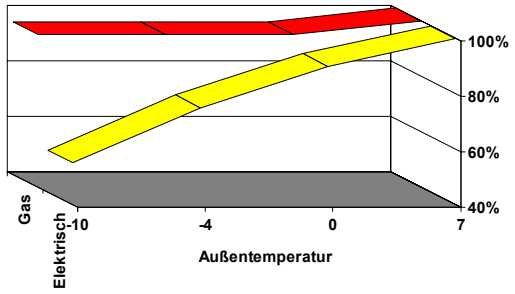
- Energietransport im Gebäude übernimmt das Kältemittel
- Zweileiter, Dreileiter oder Vierleitersystem je nach geforderter Gleichzeitgkeit von Heizen und Kühlen
- Innengeräte für Heiz- und Kühlfunktion sind die gleichen
- Nur konvektive Systeme mit Ventilator sind möglich

**Wasserkreislauf**

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

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

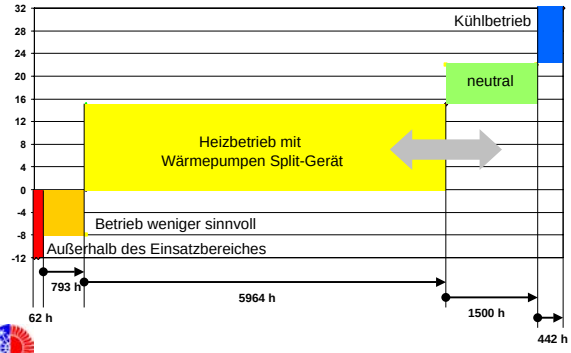
## Einsatzbereich für bivalente Systeme steigt durch Gaseinsatz




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

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

## Nutzungsdauer eines elektrischen Wärmepumpen-Split-Gerätes

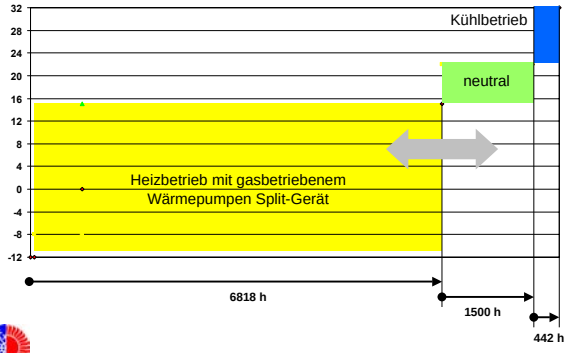



Wetterdaten Frankfurt

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

Quelle: Iselt/Arndt -Die andere Klimatechnik

## Nutzungsdauer eines gasbetriebenen Wärmepumpen-Split-Gerätes

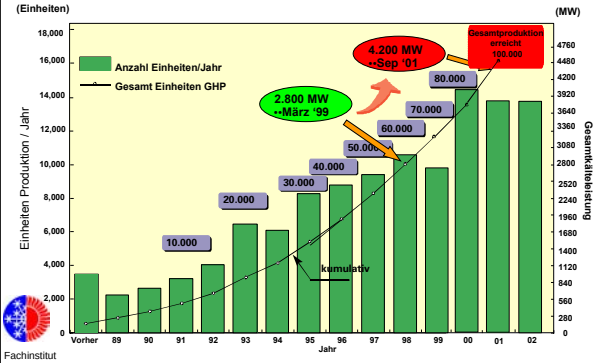



Wetterdaten Frankfurt

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

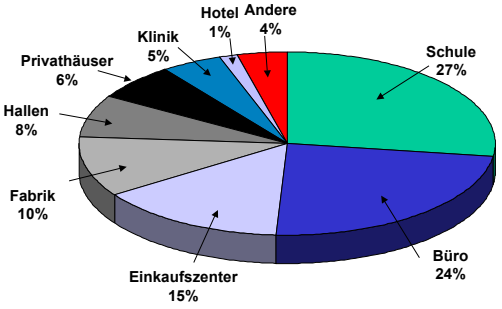
## SANYO GHP mit kumulativer Kälteleistung von über 4.200 MW

### jährliche Produktion und kumulative Leistung




Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

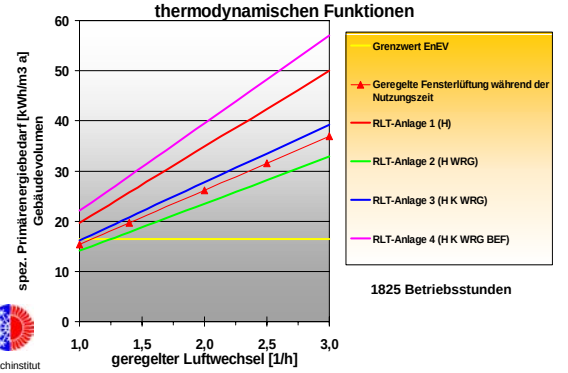
## • *Einsatzgebiete der Sanyo Gas Eco - Multi*




Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

THE JAPAN GAS ASSOCIATION '97

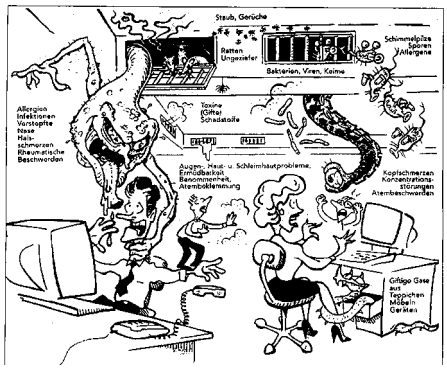
## Primärenergiebedarf für Lüftungs- und Klimaanlagen in Abhängigkeit des Luftwechsels und der thermodynamischen Funktionen




1825 Betriebsstunden

Fachinstitut Gebäude-Klima e.V

## Hygiene von Raumlufttechnischen Anlagen




Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

## 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.**

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

**Komponenten:**

**Endgeräte (Mischboxen, Induktionsgeräte, Ventilatorkonvektoren):**

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

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

**Endgeräte**

**Einbausituation**
**Verschmutzung**
**Filter**

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

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

✗ Kontrollintervalle werden festgelegt.

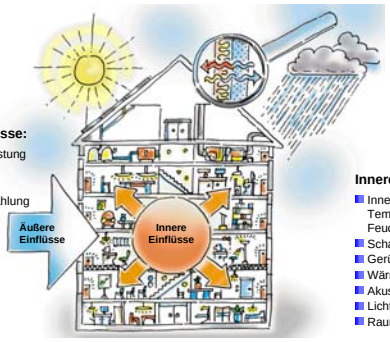
Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

## Einflüsse auf ein Gebäude und die Raumqualität

**Gebäude:**
- Ausrichtung
- Lage
- Form
- Größe

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

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




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

Fachinstitut
Gebäude-Klima e.V

# Klimatisieren, Kühlen und Heizen mit Erdgastechniken

C. Müller, Göppingen

# Klimatisieren, Kühlen und Heizen mit Erdgastechniken

Cord Müller, Vorsitzender des ASUE-Arbeitskreises „Gaswärmepumpen und Kältetechnik“, Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG, 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 frei-

gesetzte 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 Kaltdampf-

prozess 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 Lö-

sungsmittel wird hiernach über ein Drosselorgan auf einen niedrigeren Druck entspannt und erneut dem Absorber zur Aufnahme des Kältemittels zugeführt. Das dampfförmige Kältemittel wird nach dem Austreiber dem Verflüssiger zugeführt, wo es durch Verflüssigung seine Wärme abgeben kann. Über das Drosselventil wird das Kältemittel auf das untere Druckniveau entspannt und erneut dem Verdampfer zur Wärmeaufnahme zugeführt.
Wird im Absorptionsprozess die Heizfunktion genutzt, spricht man von einer Wärmepumpe (**Bild 9**). Wird hingegen die Kühlfunktion genutzt, spricht man von einer Kälteanlage (**Bild 10**).
Der Absorptionsprozess besteht aus einem Kaltdampfprozess, der mit einem thermischen Verdichter, der einen eigenen Kreisprozess darstellt, betrieben wird. Mit diesem thermischen Verdichter kann elektrischer Strom durch Erdgas, Wärme oder Abwärme ersetzt werden. Die hohen stromseitigen Umwandlungsverluste werden hierdurch vermieden. In der Kombination von thermischem Verdichter und Erdgas ergibt sich insgesamt eine höhere Energieeffizienz und somit ergeben sich Umweltvorteile.

**Umweltvorteile**

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

**Verfügbare Gerätetechnologie**

Absorber sind seit vielen Jahren auf dem deutschen Markt (**Bild 12**) kommerziell erhältlich und werden von Unternehmen wie York, Carrier, Trane, Robur, Broad Air u. a. angeboten. Sie sind in vielen Größen verfügbar. Die realisierten Anlagen zeigen die technischen und wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten der Absorptionstechnik. Als besonderer Vorteil der Absorber ist hervorzuheben, dass die Nutzung von Abwärme möglich ist. Absorber sind nahezu verschleißfrei, wartungsarm, wenig geräuschintensiv und weisen ein hervorragendes Teillastverhalten auf. Auch können diese in Kombination mit Blockheizkraftwerken, Gasturbinen und in der Fernwärmeversorgung eingesetzt werden.
Gasmotorische Kaltdampfanlagen sind ebenso seit vielen Jahren erfolgreich im Einsatz (**Bild 13**). Insbesondere dort, wo industrielle Abwärme auf hohem Temperaturniveau genutzt werden kann und Wärme ganzjährig benötigt wird, kommt der wirtschaftliche Vorteil des Wärmepumpeneffektes deutlich zum Tragen. Ausgeführte Beispiele haben die Praxistauglichkeit über viele Jahre, teilweise sogar über Jahrzehnte, bestätigt.
In den realisierten Anlagen wird jedoch häufig nur eine Funktion, das Heizen oder das Kühlen, genutzt. Als Gaswärmepumpe kommt die Funktion des Heizens zum Einsatz; als Gaskälteanlage wird nur die Kühlfunktion verwendet. Die technische Möglichkeit, beide Funktionen zu nutzen, wurde bisher in den seltensten Fällen realisiert, da i. d. R. keine standardisierten Lösungen für die gemeinsame Nutzung von Herstellern angeboten wurden!
Zu Beginn der 80er Jahre wurde in Japan ein Forschungsprojekt initiiert (**Bild 14**), um standardisierte gasmotorische Kaltdampfanlagen zu entwickeln, mit denen durch einfache Umschaltung die Heiz- und Kühlfunktion genutzt werden kann. Diese sogenannte „Gas-Heat-Pump“, kurz GHP, befindet sich nach einer zehnjährigen Entwicklungs- und Erprobungsphase seit Ende der 80er Jahre im kommerziellen Einsatz. In Japan sind heute weit über 400.000 GHP-Anlagen installiert und zum Heizen und Kühlen in Betrieb. Mehrere Hersteller bieten diese Geräte in Japan an und werben (**Bild 15**) zum Teil mit den Einsparungen an Atomkraftwerken der 1.000 MW-Klasse!
In diesen GHP (**Bild 16**) ist der Verdampfer mit Verdichter räumlich getrennt zum Verflüssiger mit Druckreduzierventil (sog. Splittechnik). Der Verflüssiger ist als Klimagerät direkt in den zu kühlenden und heizenden Räumen installiert (sog. Innengerät). Die erforderliche Kühl- oder Heizenergie wird direkt und bedarfsgerecht von dem Außengerät über das Kältemittel dem Innengerät zur Verfügung gestellt. Die GHP arbeiten

nach dem VRV-System, wobei VRV für Variable Refrigerant Volume und somit quasi für variable Bereitstellung von Kühlmittel steht.
Hinter der GHP verbirgt sich also kein gasmotorischer Kaltdampfprozess nach mitteleuropäischen Verständnis. Bei der GHP (**Bild 17**) wird das Kältemittel vom Außengerät bis zu jedem Klimagerät (Innengerät) geführt. Über Hydraulikmodule (**Bild 18**) können bestehende Kaltwassergeräte angeschlossen werden. Module für die Kälteversorgung von Kühlmöbeln (Normalkühlung und Tiefkühlung) befinden sich derzeit in der Entwicklung.
Die Umschaltung von Heiz- auf Kühlbetrieb erfolgt zentral für die gesamte Anlage über ein 4-Wege-Ventil in dem Außengerät. Im Heizbetrieb (**Bild 19**) fördert der Verdichter das gasförmige Kältemittel zum Innengerät (Verflüssiger im Raum, sog. Deckenmodul), um die Wärme über das Deckenmodul in den Raum abzugeben. Im Kühlbetrieb (**Bild 20**) wird die Fließrichtung einfach umgedreht! Das flüssige Kältemittel wird zum Raum transportiert, um über das Deckenmodul Wärme aus dem Raum aufzunehmen.
Die geschilderten Umweltvorteile des gasmotorischen Kaltdampfprozesses sind mit der GHP im Heiz- und Kühlbetrieb gegeben. Das die Heiz- und Kühlfunktion mit <u>einem</u> Innengerät bewerkstelligt werden kann, ist die GHP mit dem VRV-System wirtschaftlich besonders interessant.

**Kostenvergleich**

Mit der Nutzung der Heiz- und Kühlfunktion mit nur einem Gerät gehen wirtschaftliche Vorteile einher. Anhand von zwei Beispielen sollen diese Vorteile am Beispiel der GHP mit VRV-System und dem Absorber aufgezeigt werden.
Üblicherweise wird heutzutage für Heizzwecke ein Erdgaskessel und für Kühlzwecke ein elektrisch angetriebener Kaltwassersatz verwendet. Für den Kostenvergleich wird dies mit einer GHP mit dem VRV-System verglichen, welches zum Heizen und Kühlen eingesetzt wird. Der Kostenvergleich wurde für ein Bürogebäude mit einem Wärmebedarf von 33 kW und einer Kältebedarf von 28 kW angestellt und modellhaft berechnet.
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.
Bei der Betrachtung der zu tätigenden Investitionen wird ein weiterer Vorteil der GHP mit VRV-System deutlich. Durch die Nutzung einer Erzeugungs- und Verteilerstruktur für die Heiz- und Kühlaufgabe sind geringere Investitionen zu tätigen. Dies verbessert die Wirtschaftlichkeit deutlich, da üblicherweise rationelle Energietechniken mit höheren

Investitionen erkauft werden müssen, die sich über Energiekosteneinsparungen refinanzieren müssen. Bei der vorgestellten Technik kommen zu den vorhandenen Energiekosteneinsparungen noch die Einsparungen bei den Investitionen hinzu!
Dieser Effekt erklärt auch die deutlichen Einsparungen der GHP bei einer Vollkostenrechnung (**Bild 21**) nach der VDI-Richtlinie 2067. Die GHP mit VRV-System führt zu Jahreskosten von 8.800,- EUR/Jahr. Die Alternativen mit Gaskessel und Elektrokaltwassersatz zu Jahreskosten von etwa 10.700,- EUR/Jahr. Der Jahreskostenvorteil der GHP liegt bei diesem Projekt bei fast 2.000,- EUR/Jahr.
Für den Betrieb der GHP ist vor der Inbetriebnahme eine Erlaubnis zum Betrieb beim zuständigen Hauptzollamt zu beantragen, da in der GHP ein Verbrennungsmotor betrieben wird. Dieses Antragserfordernis ist leider im Mineralölsteuergesetz vorgesehen. Hat der Anlagenbetreiber einen Erlaubnisschein erhalten, kann er jährlich beim Hauptzollamt die Rückerstattung der über die Gasrechnung gezahlten Erdgassteuer beantragen. Diese beträgt derzeit 0,55 ct/kWh. Die Rückerstattung erfolgt, wenn dem Hauptzollamt ein Jahresnutzungsgrad über 70 % nachgewiesen wird.
Das Verfahren erscheint zunächst kompliziert und umständlich, ist aber einfach! Der Verfrahrensablauf ist im Internet unter www.asue.de ausführlich und nachvollziehbar in der Rubrik „Gaswärmepumpen und Kältetechnik“ beschrieben. Diese Arbeit wird dann aber „belohnt“ durch eine Absenkung der Energiekosten um 0,55 ct/kWh. Die Wirtschaftlichkeit in dem Beispiel verbessert sich hierduch.
Bei der Beheizung und Kühlung von Einkaufszentren kann der Einsatz von nur einem Gerät zu wirtschaftlichen Vorteilen führen. Für ein Einkaufszentrum wurden umfangreiche Investitions- und Betriebsvergleiche durchgeführt. Im Ergebnis kam ein Absorber zum Kühlen und Heizen zum Einsatz. Am Beispiel dieser installierten Anlage soll der Kostenvergleich exemplarisch dargestellt werden.
In dem Projekt war zu entscheiden, ob ein mit Erdgas betriebener Absorber oder ein elektrischer Kaltwassersatz und ein Fernwärmeanschluss installiert werden soll (**Bild 22**). Für den Einsatz des Absorbers waren höhere Investitionen von 150.000 EUR erforderlich, die sich über die Energiekosteneinsparung refinanzieren mussten. Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit erfolgte anhand einer statischen Amortisationsrechnung und betrug, mit jährlichen Energiekosteneinsparungen von 65.000 EUR, etwa 2 Jahre und 4 Monate. Nach dieser Zeit war das Mehr an Investition durch das Weniger an Energiekosten ausgeglichen.
Dieses Beispiel stammt aus der Mitte der 90er Jahre mit dem seinerzeitigen hohen Strompreisniveau zu Zeiten vor der Einführung des Wettbewerbes auf dem Strommarkt.

Die durch gesetzliche Vorgaben ausgelöste Abschaffung des Anbietermonopols und die Einführung marktwirtschaftlicher Regeln im Strommarkt führte in der Folge zum Absinken der Strompreise bis auf teilweise unter 50 % des Monopolniveaus. Zum Teil wurde Strom unter Selbstkosten und zu Grenzkosten verkauft mit dem Ziel, Kunden zu halten oder zu gewinnen. Mit dem Anstieg der Rohölpreise kam es zeitgleich zu einem Anstieg der Erdgaspreise, da diese an die Entwicklung der Heizölpreise gekoppelt sind.
Der Wirtschaftlichkeit des Absorbers (**Bild 23**) waren diese Entwicklungen nicht zuträglich, da das zu ersetzende Produkt Strom billiger und das Ersatzprodukt Erdgas teuer wurde. Mit dieser aufgehenden Kostenschere ging die Einsparung zu Hochzeiten der Strompreisnachlässe zurück auf jährlich etwa 6.000,- EUR. In der Folge wäre die Amortisationsdauer auf nicht akzeptierbare 25 Jahre angestiegen, wenn zu diesem Zeitpunkt die Wirtschaftlichkeit berechnet worden wäre.
Heute steigen die Strompreise wieder, da auf Dauer der Verkauf eines Produktes zu Grenzkosten zum wirtschaftlichen Ruin führt. Das Strompreisniveau der Monopolzeiten wird wohl zukünftig nicht mehr zu erwarten sein. Darüber hinaus ist ein, wenn auch leichtes, Absinken der Erdgaspreise festzustellen. Diese Entwicklungen führen heute wieder zu akzeptablen Einsparungen beim Absorberbetrieb. Die Amortisationszeiten des Beispiels mit heutigen Randbedingungen liegen bei etwa 9 Jahren (**Bild 23**).
Wie beim Einsatz von rationellen Energietechniken häufig erforderlich, wird das Mehr der Investition durch das Weniger beim Betrieb von Absorbern wieder kompensiert, so dass sich in der Summe ein wirtschaftlicher Vorteil ergibt. Die zukünftigen Entwicklungen werden diesen positiven wirtschaftlichen Trend für die Absorber verstärken.
Dieses Beispiel zeigt aber auch deutlich die Schwierigkeit bei der wirtschaftlichen Beurteilung von Projektalternativen. Bei der Schaffung von langlebigen Anlagen sollte eine kurzfristige Marktänderung nicht die Berechnung der Wirtschaftlichkeit dominieren. Im vorgestellten Beispiel hätte ohne Absorber nur ein Vorteil für wenige Jahre erzielt werden können, die überwiegende Zeit hätte der Betrieb ohne Absorber zu wirtschaftlichen Nachteilen geführt!

## Fazit und Zusammenfassung

Der Bedarf zur Kühlung und Klimatisierung in Gebäuden wird in Deutschland immer größer. Großer Bedarf ist insbesondere im Bereich bis zu einer Kühlleistung von 100 KW gegeben. Bisher werden hierfür überwiegend elektrisch angetriebene Geräte eingesetzt. Eine kostensparende und primärenergetisch vorteilhafte Alternative sind durch

"„Gas Heat Pumps“, kurz GHP, gegeben. Diese neue Generation gasmotorisch angetriebener Klimageräte wurde in Japan entwickelt und wird von zwei japanischen Herstellern über deutsche Vertriebspartner seit einem Jahr angeboten. Die GHP kann zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden. Die Kombination von Heizen und Kühlen mit einem System macht die GHP deutlich wirtschaftlicher als getrennte Anlagen für Kühlung und Wärmeversorgung.Das Heizen, Kühlen und Klimatisieren mit den verfügbaren gasmotorischen Anlagen und Absorbern sowie dem Energieträger Erdgas ist realisierbar. Die Techniken sind erprobt und ausgereift. Sie haben über viele Jahre die Praxistauglichkeit bewiesen. Das Angebot an verfügbaren Geräten ist schon heute beachtlich und wird ständig größer.

Der gasmotorische Kaltdampfprozess sowie der Absorptionsprozess haben gegenüber den konventionellen Systemen (strombetriebener Kaltdampfprozess) den Vorteil der Einsparung an Energie. In Verbindung mit Erdgas können die Emissionen an Klimagasen und Luftschadstoffen deutlich reduziert werden.

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

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

## Klimatisieren, Kühlen und Heizen mit Erdgastechniken

Dipl.-Ing. Cord Müller

Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG, Göppingen

Vorsitzender des ASUE-Arbeitskreises
"Gaswärmepumpen und Kältetechnik"

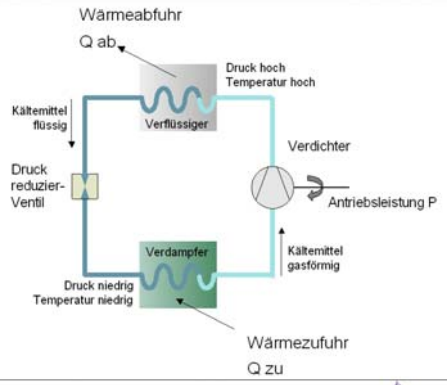
www.asue.de

---

- Thermodynamische Prozess
  - Kaltdampfprozess
  - Absorptionsprozess
- Umweltaspekte
- Wirtschaftlichkeit
- Zusammenfassung

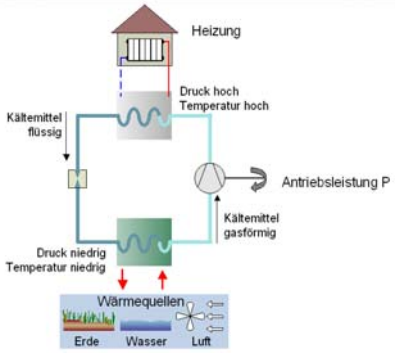
Inhaltsverzeichnis

---



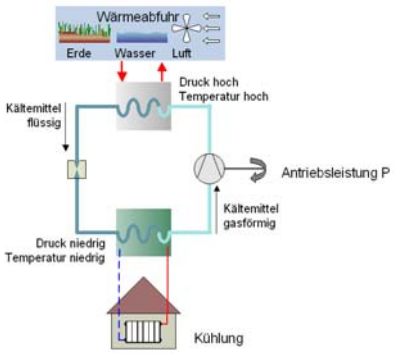

Kaltdampfprozess

---



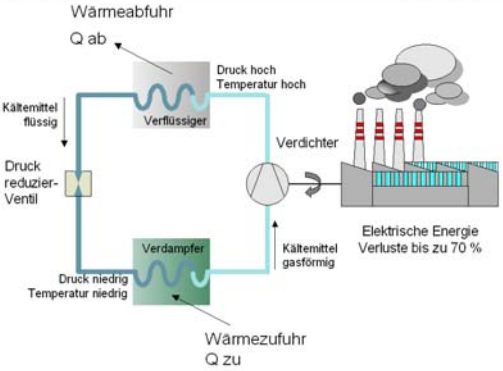

Kaltdampfprozess
Heizfunktion = Wärmepumpe

---

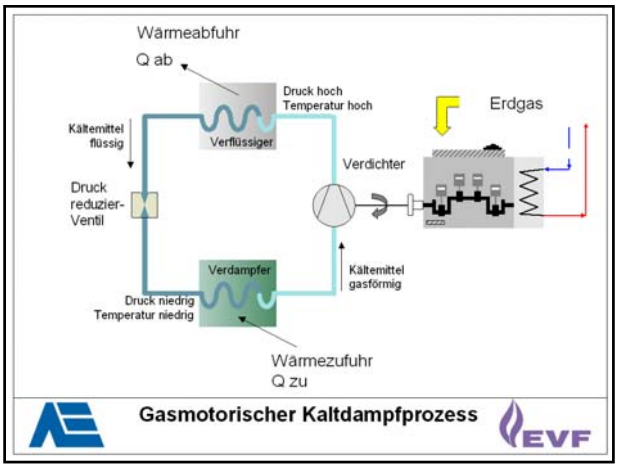


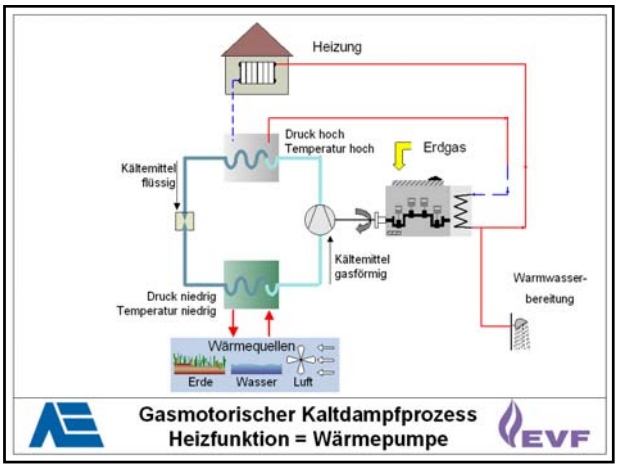

Kaltdampfprozess
Kühlfunktion = Kälteanlage

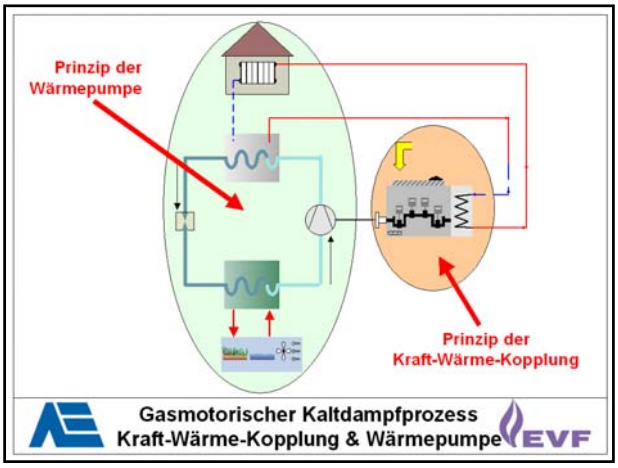
---

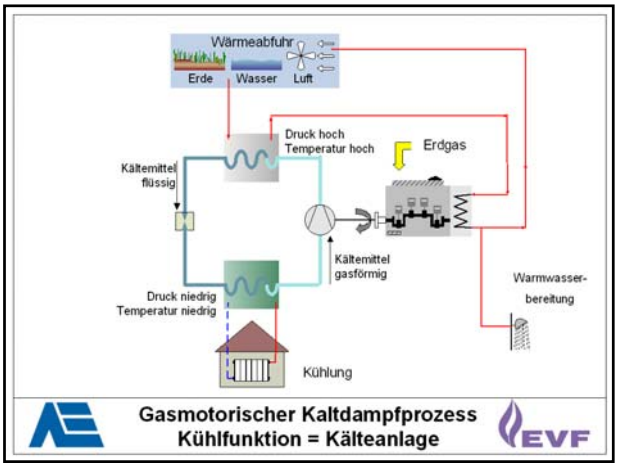


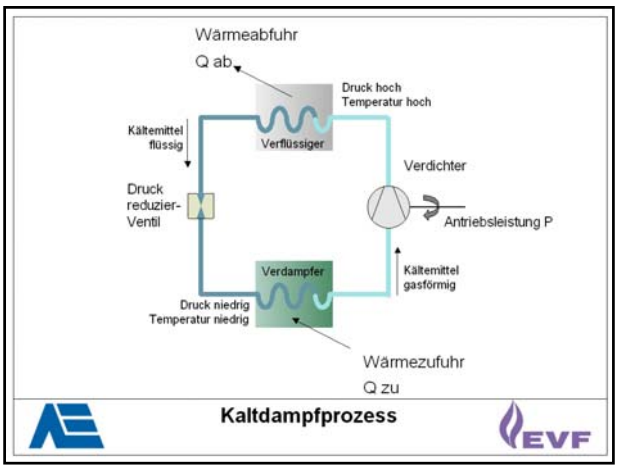

Kaltdampfprozess

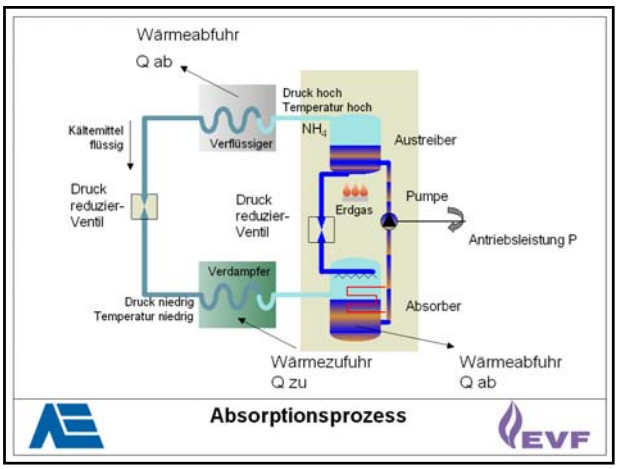

Wärmeabfuhr
Q ab
Druck hoch
Temperatur hoch
Erdgas
Kältemittel
flüssig
Verflüssiger
Verdichter
Druck
reduzier-
Ventil
Verdampfer
Kältemittel
gasförmig
Druck niedrig
Temperatur niedrig
Wärmezufuhr
Q zu
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
EVF

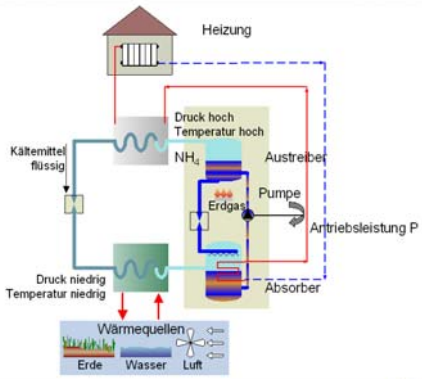

Heizung
Druck hoch
Temperatur hoch
Erdgas
Kältemittel
flüssig
Kältemittel
gasförmig
Warmwasser-
bereitung
Druck niedrig
Temperatur niedrig
Wärmequellen
Erde
Wasser
Luft
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Heizfunktion = Wärmepumpe
EVF


Prinzip der
Wärmepumpe
Prinzip der
Kraft-Wärme-Kopplung
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Kraft-Wärme-Kopplung & Wärmepumpe
EVF

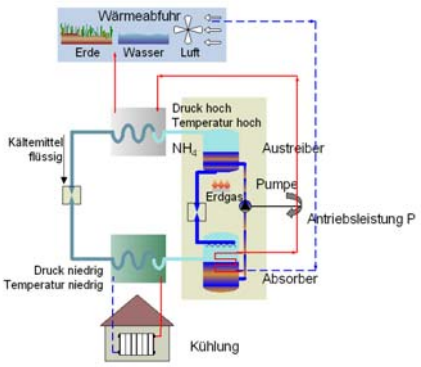

Wärmeabfuhr
Erde
Wasser
Luft
Druck hoch
Temperatur hoch
Erdgas
Kältemittel
flüssig
Kältemittel
gasförmig
Warmwasser-
bereitung
Druck niedrig
Temperatur niedrig
Kühlung
Gasmotorischer Kaltdampfprozess
Kühlfunktion = Kälteanlage
EVF


Wärmeabfuhr
Q ab
Druck hoch
Temperatur hoch
Kältemittel
flüssig
Verflüssiger
Verdichter
Druck
reduzier-
Ventil
Antriebsleistung P
Verdampfer
Kältemittel
gasförmig
Druck niedrig
Temperatur niedrig
Wärmezufuhr
Q zu
Kaltdampfprozess
EVF


Wärmeabfuhr
Q ab
Druck hoch
Temperatur hoch
Kältemittel
flüssig
Verflüssiger
NH4
Austreiber
Druck
reduzier-
Ventil
Druck
reduzier-
Ventil
Erdgas
Pumpe
Antriebsleistung P
Verdampfer
Druck niedrig
Temperatur niedrig
Absorber
Wärmezufuhr
Q zu
Wärmeabfuhr
Q ab
Absorptionsprozess
EVF




**Absorptionsprozess**
**Heizfunktion = Wärmepumpe**




**Absorptionsprozess**
**Kühlfunktion = Kälteanlage**

## 1. FAZIT:

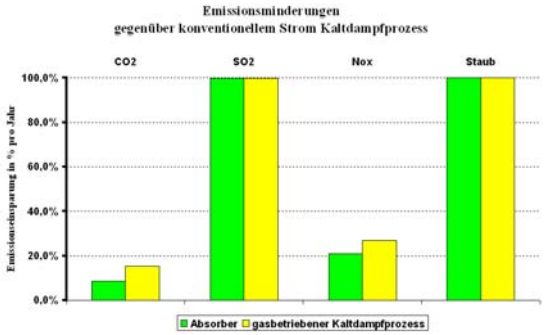
- Der gasmotorische Kaltdampfprozess sowie der Absorptionsprozess sind energetische Verbesserungen des konventionellen, in der Regel strombetriebenen, Kaltdampfprozesses.

**Minderung Primärenergiebedarf gegenüber Kaltdampfprozess:**

| | |
|---|---|
| **Kaltdampfprozess (Strom)** | Vergleichsbasis |
| **Absorptionsprozess** | **- 22 %** |
| **Gasmotorischer Kaltdampfprozess** | **- 29 %** |

Auswertungen nach Herstellerangaben von: Mitsubishi Electric, York, AISIN

**Energetische**
**Prozessverbesserungen**



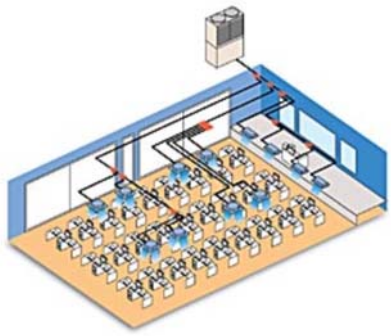

**Umweltvorteile durch**
**Prozessverbesserungen**

**Anwendungsbeispiel**
**Absorber**

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

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

**Anwendungsbeispiel**
**Gasmotorische Kaltdampfanlagen**



Anwendungsbeispiel
Gas Heat Pumps (GHP)

**Problem:** In Japan war der Strombedarf im Sommer durch den Betrieb der Klimageräte für die Kühlung zu hoch.

**Idee:** Mit einem erdgasbetriebenen Klimagerät Kühlung im Sommer (Entlastung Stromnetz) und Heizen im Winter (Reduzierung Kosten für die Gebäudebewirtschaftung)

**Lösung:**
- 1980: F & E-Auftrag: Gasklimagerät mit Erdgas
- 1985: Markteinführung in Japan
- 2002: 430.000 Gasklimageräte im Einsatz in Asien
- Markteinführung in Deutschland

*Heizen und Kühlen mit standartisierten Konzepten !*

Entwicklungsgeschichte
Gas Heat Pumps (GHP)

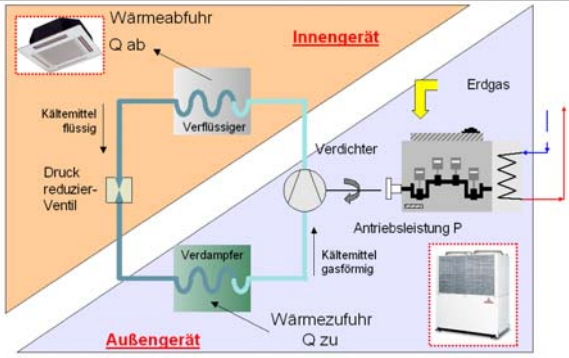
**Namen:**

*Gas Heat Pump = Gasklimagerät = gasmotorische Wärmepumpe*

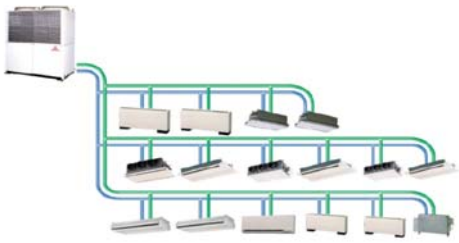
**Thermodynamischer Prozess:**

*Gasmotorische Kaltdampfanlage*

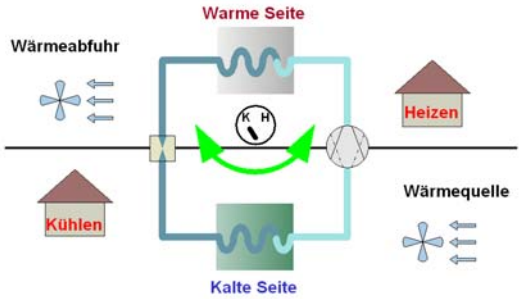
Definitionen



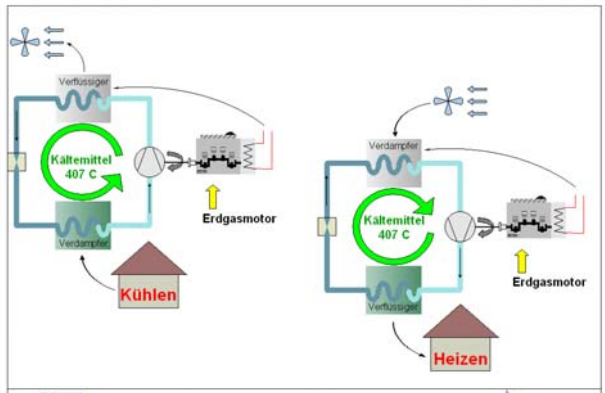

Funktionsprinzip GHP:
Räumliche Trennung des Prozesses



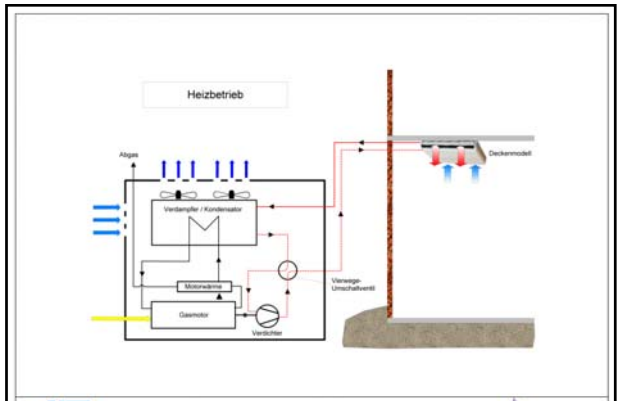
Aufbau
Gas Heat Pumps (GHP)



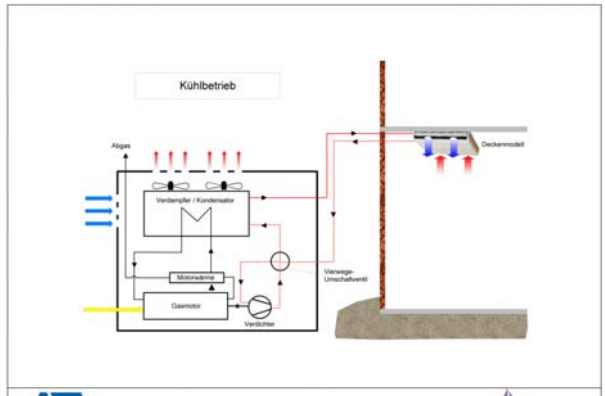

Umschaltung Heizen und Kühlen




**Nutzung einer Infrastruktur !**




**GHP im Heizbetrieb**




**GHP im Kühlbetrieb**

## 2. FAZIT:

- **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.**
- **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 angeboten wurden!**

**Anwendungsbeispiele Heizen und Kühlen**

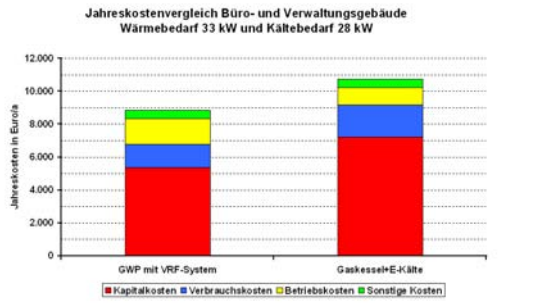
## Modellrechnung:

Objekt: Büro- und Verwaltungsgebäude
Wärmebedarf 33 kW
Kältebedarf 28 kW

Lösung 1: GHP mit VRF-System
Investition 52.000 EUR

Lösung 2: Erdgaskessel und elektrisch angetriebener Kaltwassersatz
Investition 70.000 EUR

**Wirtschaftlichkeit GHP Systemvergleich mit Investition**




Anm: Verbrauchskosten mit Steuersatz für Heizgas (0,55 ct/kWh)

**Wirtschaftlichkeit GHP Vollkostenvergleich**

1. Heizen und Kühlen eines Einkaufszentrums

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

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

2. Vergleich Absorber mit strombetriebenem Kaltwassersatz:

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

3. Wirtschaftlichkeitsberechnung (stat. Amortisation):

Amortisation Mehrinvestion: 2,3 Jahre

**Wirtschaftlichkeit Absorber**
**Investition und Amortisation**

**Wirtschaftlichkeit Absorber**
**Entwicklungen bis Heute**

## 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.**

**Wirtschaftlichkeitsberechnungen**

- **Das Heizen, Kühlen und Klimatisieren mit 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 hat den Vorteil der Einsparung an Energie. Mit Erdgas können die Emissionen an Klimagasen und Luftschadstoffen deutlich reduziert werden.**
- **Wirtschaftlich sind die gasmotorischen Anlagen und Absorber eine interessante Alternative gegenüber der herkömmlichen Technik.**

**Zusammenfassung**

# Planung, Installation und Betrieb von Gasklimageräten

## Grundlagen und VRF-Technik

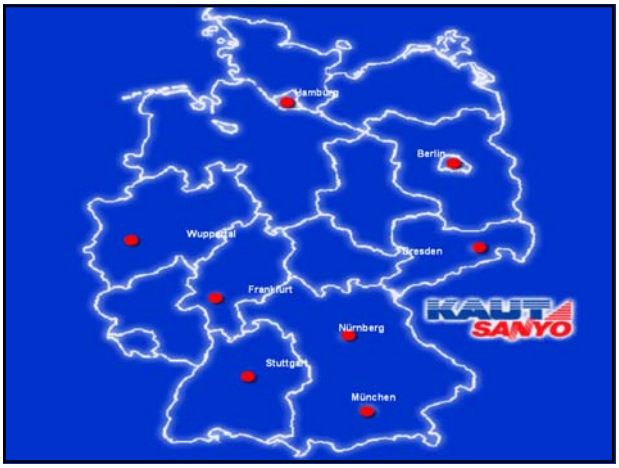
S. Schwarze, Wuppertal

KAUT SANYO

# KAUT
THE AIR COMPANY

Sven Schwarze
Dipl.-Wirtschafts-Ing.
Produktmanager

ECO G MULTI




KAUT SANYO

# SANYO
## ECO
R407C **VRF Multi Splitsysteme** R410A

ECO G MULTI

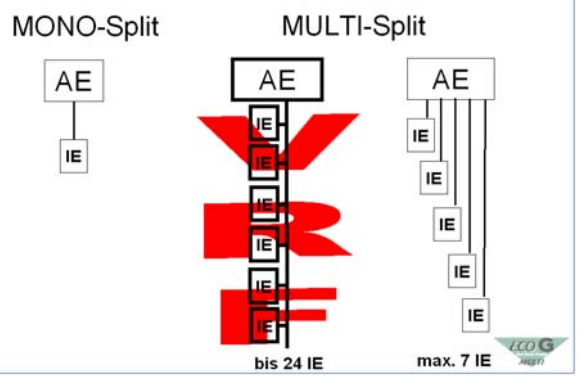
## Eco VRF-Multi-Splitsysteme

KAUT SANYO

Die Entwicklung von VRF-Systemen erfolgte in den 70 Jahren in Japan, um die Bedürfnisse an die Komfortklimatisierung, Heizen und Kühlen von großen Gebäuden befriedigen zu können. Diese Systeme sind Direktverdampfungssysteme, d.h. der notwendige Transport von Wärme oder Kälte wird von einem Kältemittel übernommen. Der Begriff VRF (Variable Refrigerant Flow) gehört zu der Gruppe der Teilklimasysteme oder anders ausgedrückt handelt es sich um dezentral, modular aufgebaute Klimatisierungssysteme mit variablen Kältemittel-Volumenströmen zum Kühlen, Heizen und Entfeuchten. Diese Systeme erlauben mit einem 2-Leitungssystem die Umschaltung von Kühl- auf den Heizbetrieb. Das heißt entweder arbeiten alle Inneneinheiten im Kühl- oder Heizmodus. Es gibt Fälle, in denen Kühl- und Heizlasten zeitgleich auftreten, zur Lösung dieser Aufgabe können 3-Leitungssysteme eingesetzt werden. Daraus folgt, dass an allen Inneneinheiten wahlweise Kühl- oder Heizkapazität verfügbar ist.

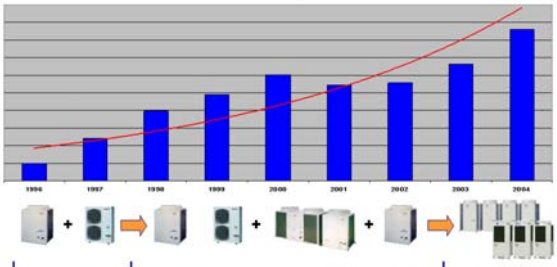
ECO G MULTI

## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen & Entfeuchten




## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen & Entfeuchten

## Entwicklung der Modellpalette der SANYO Elektro – Eco VRF Multi-Split Systeme (Deutschland)




| Modell | Eco-Multi (R22) | Eco-Multi (R22) | Super Eco-Multi R407C) | | W - Eco-Multi (R407C) | Eco-Multi 3WAY (R407C) | Eco-i (R410A) | Eco-i 3WAY (R410A) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kälte-leistung | 22,0 KW + 28,0 KW | 11,0 KW + 14,0 KW | 22,0 KW + 28,0 KW | 11,0 KW + 14,0 KW | 35,0 KW bis 84,0 KW | 22,0 KW + 28,0 KW | 16,0 KW bis 135,0 KW | 22,0 KW bis 135,0 KW |
| Max. IE | 13 | | 13 | | 32 | 13 | 40 | |

## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen & Entfeuchten

- *Entwicklungsschritte der Sanyo Gaswärmepumpe*

Anstieg des Stromverbrauchs & die Ölkrise

Diversifizierung von Energiequellen

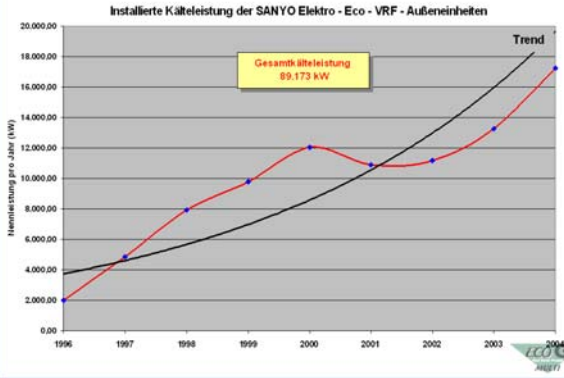
Entwicklung

- 1980 ····· Tokyo-Gas überträgt SANYO das Amt zur Produktion einer Gaswärmepumpe Piloteinheit
- April.1981 ··· SANYO nahm am Regierungsprojekt Gas-Kühlung-Technologie teil
- April.1984 ··· Start der Entwicklung von Gas-VRF-Systemen mit führenden Gasversorgern
- 1985
- April.1985 ··· **Produktion der 15HP Sanyo GHP**
- 1987 ····· Drei Hersteller treten in den Gaswärmepumpen Markt ein
- März 1999 ··· 1 Millionen Gas-VRF-Systeme im Markt
- April.2000 ··· Einführung der GHP für Kalt- & Warmwasser
- Sept.2000 ··· Einführung der 8 kW Gaswärmepumpe für Privathäuser
- 2001 ··· Einführung der W – Gas-VRF-Systeme
- Heute

## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen & Entfeuchten

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kälteleistung | 8kW | 22.4kW | 28kW | 35.5kW | 45kW | 56kW | 84kW | 112kW |
| Heizleistung | 11kW | 26.5kW | 33.5kW | 42.5kW | 53kW | 67kW | 100.5kW | 134kW |

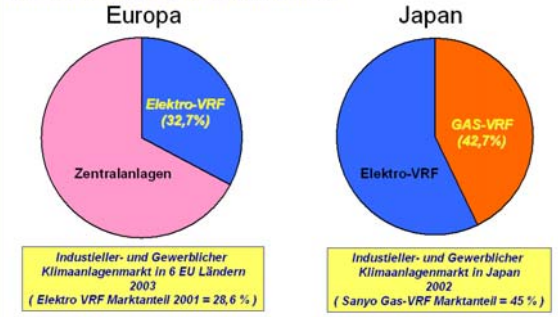
## Entwicklung der Verkaufszahlen der SANYO Elektro – Eco VRF Multi-Split Systeme (Deutschland)



## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen & Entfeuchten

KAUT SANYO

*Marktanteile der VRF Multi-Split Systeme*




SANYO ECO G Gas Heat Pump MULTI

KAUT SANYO

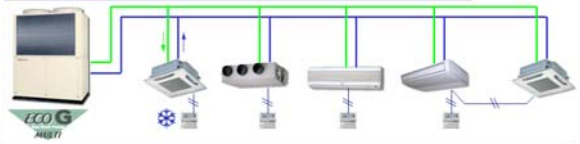
## Gas-Eco-VRF-Multi-Splitsystem

## Eigenschaften

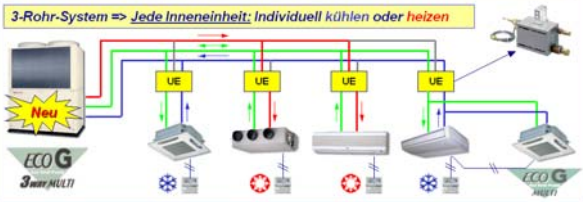
## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen und/oder Kühlen & Entfeuchten

KAUT SANYO

2-Rohr-System => Alle Inneneinheiten: Entwerder kühlen oder heizen

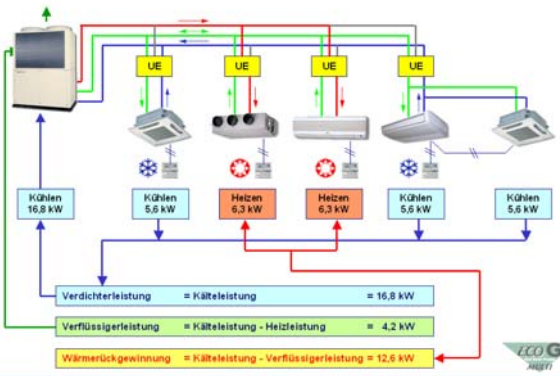


3-Rohr-System => Jede Inneneinheit: Individuell kühlen oder heizen




## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen und Kühlen & Entfeuchten (Wärmerückgewinnung)

KAUT SANYO




## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen & Entfeuchten

KAUT SANYO

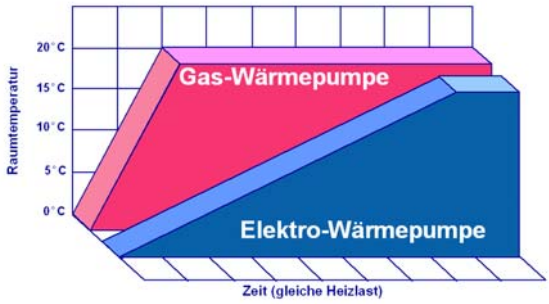
Gesamtleistung : 45 kW "90kW"
Außeneinheiten : 1 "2"

*Viele Wärmeträger verderben die Leistungszahl !*
*(geringster Verlust durch VRF-Technik)*

KAUT SANYO

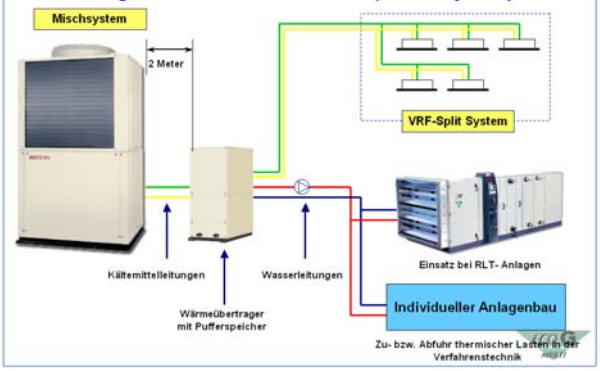
## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen & Entfeuchten

- *Schnelle Betriebsbereitschaft & schnelle Raumaufheizung*




## VRF-Splitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zur Warm- oder Kaltwasseraufbereitung

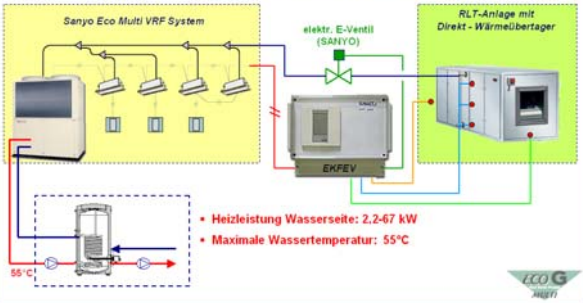
- *Einsatzmöglichkeiten der Eco - Gas - VRF ( Wassersystem )*




## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen, Entfeuchten & Brauchwasserbereitung

- *Eco VRF "Verdampfer" - Kit EKFEV*

*Für den Anschluss von externen Direkt - Wärmeübertrager im Leistungsbereich von 2,2 - 67 kW an die Sanyo Eco Multi VRF Systeme*

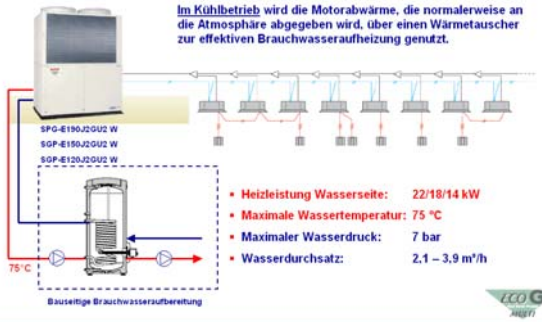



- Heizleistung Wasserseite: 2,2-67 kW
- Maximale Wassertemperatur: 55°C

## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen, Entfeuchten & Warmwasser

- *56, 45 & 35,5 kW Außeneinheit: Mit direkter Warmwasseraufbereitung (nur im Kühlbetrieb)*

Im Kühlbetrieb wird die Motorabwärme, die normalerweise an die Atmosphäre abgegeben wird, über einen Wärmetauscher zur effektiven Brauchwasseraufheizung genutzt.




- Heizleistung Wasserseite: 22/18/14 kW
- Maximale Wassertemperatur: 75 °C
- Maximaler Wasserdruck: 7 bar
- Wasserdurchsatz: 2,1 – 3,9 m³/h

SANYO

ECO G Gas Heat Pump MULTI

R410A

R410A

Voraussichtlich ab 2007

**Mini-Gas-Eco-VRF-Multi-Splitsystem**

**Die Zukunft**

## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen, Entfeuchten & Brauchwasserbereitung

**7 Mini-GHP-Systeme für den deutschen Markt**

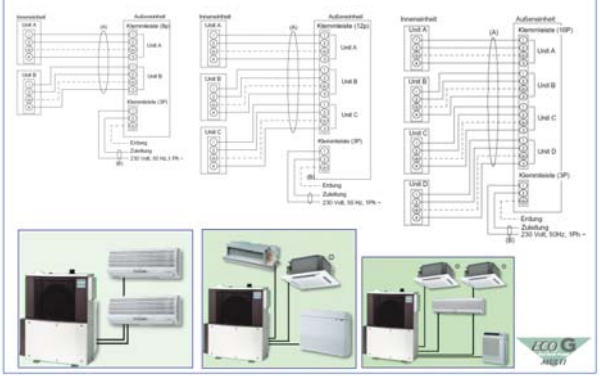
**Koopertaionspartner**

- Verbundnetz Gas AG
- Mitgas
- GASAG Berlin (VNG)
- EON Avacon AG
- Energieversorgung Filstal (GVS)
- Gas Union
- Gas & Wasserversorgung Fulda (Gas Union)
- A. Kaut GmbH & Co

| Punkt | Typ | | Daten |
|---|---|---|---|
| Kühlleistung | | | **8 kW** |
| Heizleistung | | | **11 kW** |
| Elektrische Eigenschaften | Zuleitung | | 200 V |
| | Leistungsaufnahme elek. | Kühlen | 0.20 kW |
| | | Heizen | 0.20 kW |
| | Arbeitsstrom | Kühlen | 1.05 A |
| | | Heizen | 1.05 A |
| | Anlaufstrom | | 8 A |
| Brennstoff | Gasverbrauch | Kühlen | 8.21 kW |
| | | Heizen | 7.80 kW |
| Eigenschaften | Kältemittel | | **R 410 A** |
| | Saugleitung | | 12 mm |
| | Flüssigkeitsleitung | | 6 mm |
| | Gasanschluß | | ½ Zoll |
| | Schalldruckpegel | Normalbetrieb | **48 dB (A)** |
| | | Nachtbetrieb | 45 dB (A) |
| Abmessungen Eigenschaften | Höhe | | 1300 mm |
| | Breite | | 1015 mm |
| | Tiefe | | 441 mm |
| | Gewicht | | 265 kg |
| | Anzahl Inneneinheiten | | 5 bis 7 |
| | Verteilereinheit | | Ab 5 Inneneinheiten |
| | Leistungsfaktor | | 55% bis **245**% |

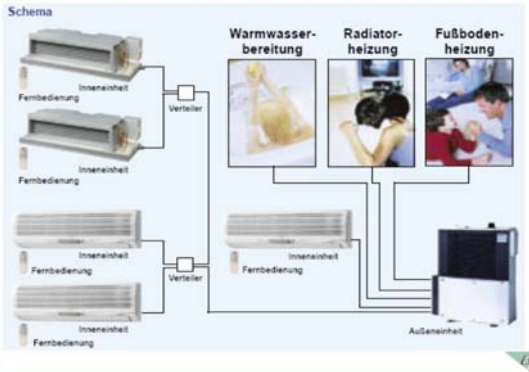
Heizzahl bis 1,4

## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen, Entfeuchten & Brauchwasserbereitung



## VRF-Multisplitsystem mit Gas-Wärmepumpe
zum Heizen oder Kühlen, Entfeuchten & Brauchwasserbereitung

Schema




## Supermarkt, Kino, Theater, Kulturzentrum

Gesamtleistung : 10.096 kW
Außeneinheiten : 200
Inneneinheiten : 1350

## Die Technik der Zukunft.

- 100% Heizleistung bis -20°C
- Primärenergieeinsatz mit Heizzahlen (Ø) bis 1,5
- Heizwasservorlauf bis +55°C
- Brauchwasserbereitung bis +75°C
- Kaltwasservorlauf bis -15°C
- Neue Direktverdampfungstechnik (VRF) / Leistungsanpassung
- Wärmerückgewinnung
- Kein Heizungsraum und keine Abgasführung
- Gleichzeitiges Heizen, Kühlen und Entfeuchten
- Zentral-, Gruppen-, Einzelraumregelung
- Anbindung in bestehende Gebäudeleittechniken
- Nachtabsenkung und Energiekostenabrechnung
- Fernabfragen

**Warum klimatisieren?**
*Ein Raumklima, das der Mensch als behaglich empfindet, ist die Voraussetzung für die Erhaltung der Gesundheit. Schon Temperaturen über 29°C und 65% rel. F. führen zu Konzentrationsstörungen und mindern die Leistungsfähigkeit. Ein Raumklimagerät sorgt die zu hohe Temperatur und führt bei der Entfeuchtung der Luft wasserlösliche Schadstoffe mit ab. Raumklimageräte schaffen somit ein auf Temperatur und Luftfeuchtigkeit behaglich abgestimmtes Wohlfühlklima.*

# Planung, Installation und Betrieb von Gasklimageräten

## Alternative im Bestand und Neubau:
## Wasserbasierende Systeme

M. Becker, Gelsdorf

AISIN
TOYOTA Group
Gaswärmepumpen

# *Alternative im Bestand und Neubau: Wasserbasierende Systeme*

Dipl.-Ing. Marcus Becker

---

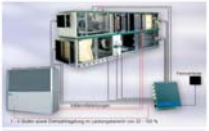
AISIN
TOYOTA Group
Gaswärmepumpen

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

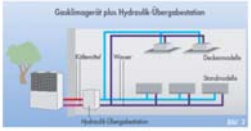
---

## Systemlösungen AISIN

**Direktverdampfung bzw. – kondensation (VRF)**



**Direktanschluss an Lüftungszentralen**



**Wassersysteme**

**Kombinationen aus den vor genannten Systemen**

---

## Modelle 14,0 – 26,5 kW

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

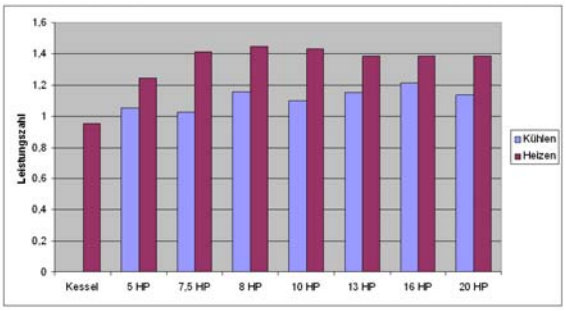
---

## Modelle 33,5 – 67,0 kW

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

---

## Leistungszahlen AISIN GWP Modelle



## TGMP 710 C1 (25 HP)

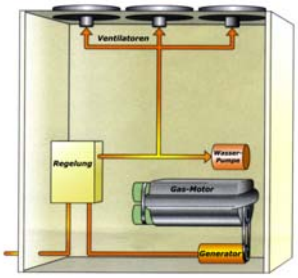
NEU !

**Kühlleistung: 71,0 kW**
**Heizleistung: 85,0 kW**

Modellerweiterung: Jetzt 8 Leistungsstufen

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Optional mit Strom-Generator




- Eigene Stromerzeugung für alle Anbauteile
- Reduziert Betriebskosten
- Minus 80% Stromaufnahme
- Modelle 450 / 560 / 710

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Hydraulikstation SKVP

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

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Technische Daten Hydraulikmodul SKVP

| Technische Daten | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Modell | Abmessung H/B/T(mm) | Speicherleistung (KW) | | Pumpenleistung (KW) | Inhalt (l) |
| | | Kühlung | Heizung | | |
| SKVP 5HP | 1290/940/690 | 14 | 18 | 0,21 | 100 |
| SKVP 10HP | 1290/940/690 | 28 | 33 | 0,34 | 100 |
| SKVP 20HP | 990/940/690 | 54 | 65 | 0,75 | - |

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

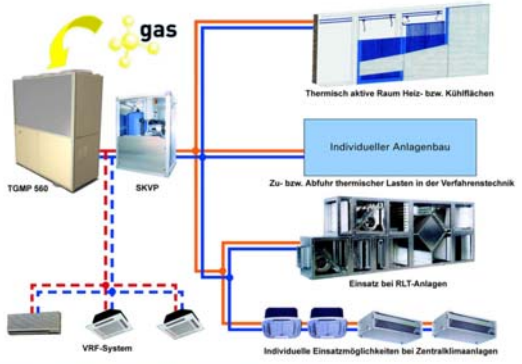
## Einsatz hydraulisches System

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

+47°C

+6°C

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT




AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Installation

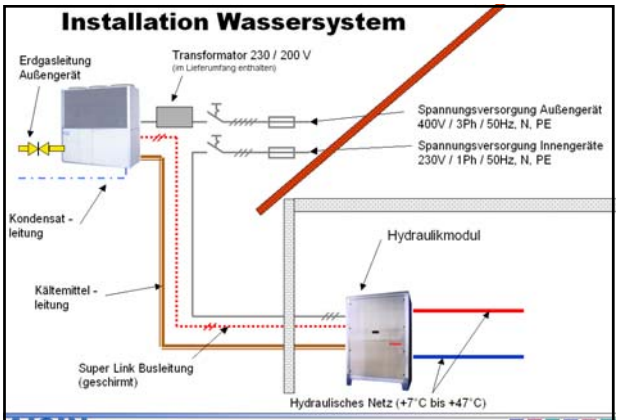
**Notwendige Installationsmaßnahmen:**

- Kältemittelleitung
- Erdgasleitung zum Außengerät
- Kondensatleitung zu den Innengeräten

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

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Installation Wassersystem



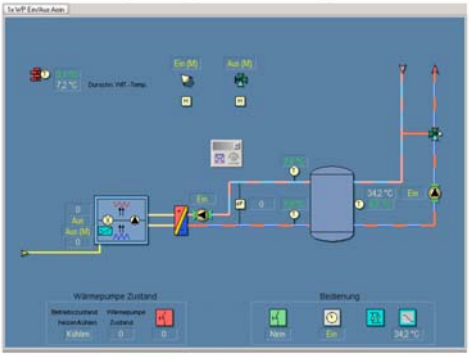

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Regelung Wassersystem

- **Optimierte Zentralregelung für wassergeführte Systeme**
- **Außentemperaturgesteuert**
- **Hoch effizientes Speichermanagement**
- **Zentrale Bedienung**
- **Automatische Sommer / Winter Umschaltung**
- **Laufzeitüberwachung**
- **Möglichkeit der Fernübertragung**

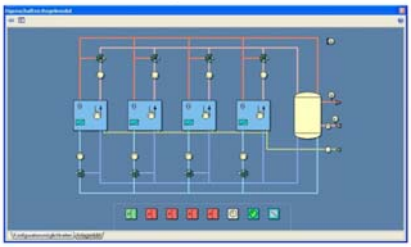
AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Regelung Wassersystem



AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Kaskadierung mehrerer Gaswärmepumpen



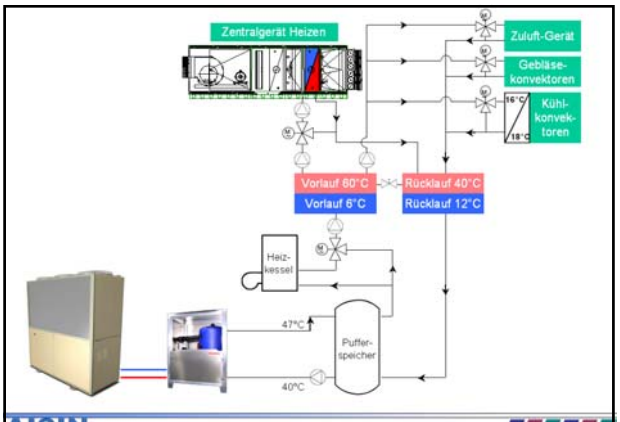
- **Leistungsabhängige Regelung - bedarfsgerecht**
- **Erweiterbares Modul für höhere Leistungen**
- **Laufzeitausgleich der einzelnen Module**
- **Fernwartung**

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Probleme der Integration im Bestand

- Bestehende Rohrinstallation meist nur zu Heizzwecken isoliert,
  → Kaltwasserstrang zur Klimatisierung muss neu installiert werden
- Zentrale Warmwasserversorgung erfordert hohe Vorlauftemperaturen
- Bestehende Heizkörper benötigen hohe Vorlauftemperatur um Wärmebedarf zu decken
  → Zu prüfen ist, ob hohe VL-Temp. überhaupt nötig, da in der Vergangenheit oft extrem überdimensioniert wurde.
  → Können Heizkörper ausgetauscht werden?
  → Ist das Gebäude nachträglich isoliert ?
  → Entspricht die damalige Auslegung dem aktuellen Bedarf ?
- Falls erf. Vorlauftemperatur >47°C ist ein Spitzenlastkessel einzuplanen, der auch die TWW Erzeugung übernehmen kann.
  → es werden trotzdem über 90% des Wärmebedarf des Gebäudes gasmotorisch gedeckt.

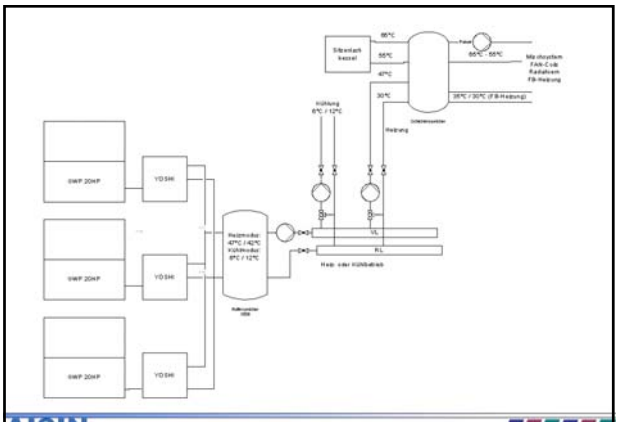
AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT




AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen

**Systemschema mit Spitzenlastkessel**

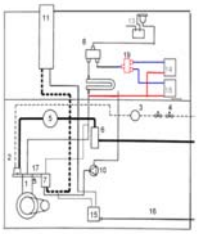
BERNDT



AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen

BERNDT

## Gas-Wärmepumpe mit externer Nutzung der Motorabwärme



Optionale Auskopplung der Motorabwärme, zur externen Verwendung. (nur im Kühlbetrieb möglich)

Die Motorabwärme, die für den Kühlbetrieb nicht benötigt wird, kann über einen zusätzlich integrierten Wärmetauscher mit zugehöriger Ventilsteuerung zur externen Nutzung bereitgestellt werden.

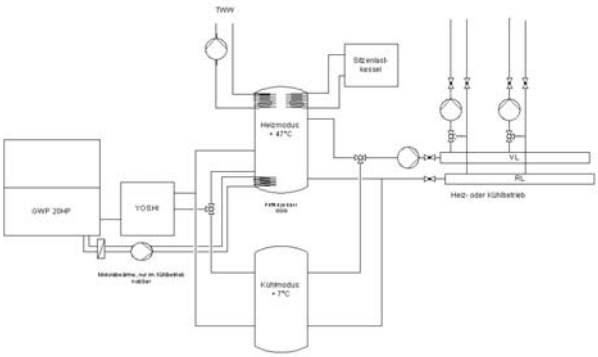
Damit ist es möglich, z.B. eine sanitäre Warmwasserbereitung zu unterstützen. Das Wärmepotential welches über die Wärmerückgewinnung abgenommen werden kann, ist in den Herstellerangaben (technische Daten) nicht berücksichtigt, d.h. die Wärmemenge fällt zusätzlich an und verbessert nochmals die Wirtschaftlichkeit.

Das WRG-Kit ist für alle Gerätegrößen lieferbar !

Auch Nachrüstung ist möglich

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen

BERNDT




AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen

BERNDT

## Anlagenkosten

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

Weiterer wichtiger Vorteil:

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

Kostenersparnis auf beiden Seiten.

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen

BERNDT

## Kombinierte Heiz- und Kühlsysteme

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen

BERNDT

## Steuerliche Einstufung von Gaswärmepumpen

- Aufgrund der hohen Effizienz und der geringen CO2 Emissionen werden Gaswärmepumpen vorteilhaft behandelt.
- Durch jährlichen Effizienznachweis wird Mineralölsteuer zurückerstattet
- Verminderter Mineralölsteuersatz auf Erdgas = 0,55 ct / kWh
- Diese Steuer ist im Basispreis des Energieversorgers enthalten und kann mit Nachweis Rückerstattet werden.
- Einfaches standardisiertes Rückerstattungsverfahren
- Gaswärmepumpen sind befreit von der Mineralölsteuer → günstiger Betriebskosten !

**Steuerbefreit**

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Bank /
Volksbank Adenau

**20HP**

SKVP Luft-Wasser-System

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

Hinterlüftete Schrankwand

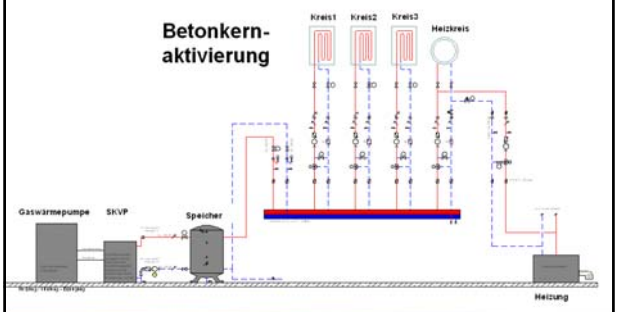
AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Hinterlüftete Schrankwand

AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Integration der Gaswärmepumpe

Betonkern-aktivierung




AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

## Bürogebäude

**10 HP**

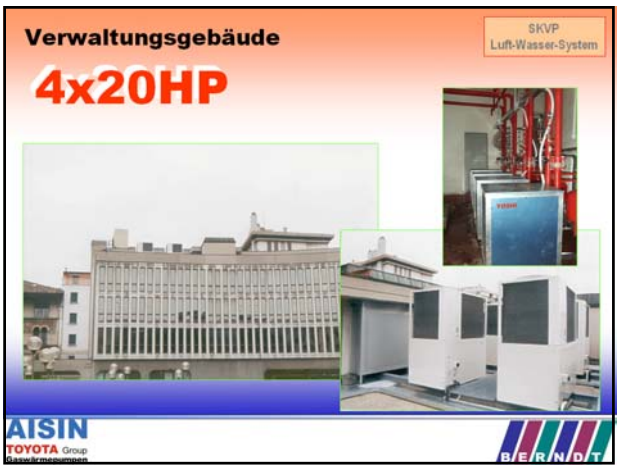
AISIN TOYOTA Group Gaswärmepumpen — BERNDT

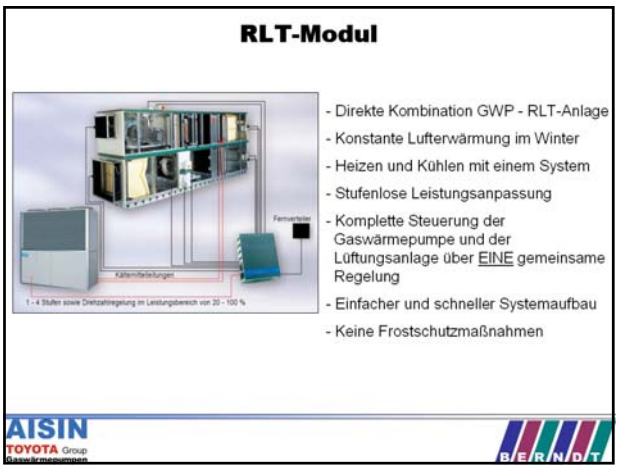
Bürogebäude
Bezirksgericht Traun
2x20 HP
SKVP
Luft-Wasser-System
AISIN
TOYOTA Group
BERNDT

Bürogebäude /
Essen
20HP
SKVP
Luft-Wasser-System
AISIN
TOYOTA Group
BERNDT

Bürogebäude
Freitaler Stadtwerke
5 HP
AISIN
TOYOTA Group
BERNDT

Leitwarte,
Schulungsraum /
Gasanstalt Kaiserslautern
10 HP
SKVP
Luft-Wasser-System
AISIN
TOYOTA Group
BERNDT


Verwaltungsgebäude
4x20HP
SKVP
Luft-Wasser-System
AISIN
TOYOTA Group
BERNDT


RLT-Modul
- Direkte Kombination GWP - RLT-Anlage
- Konstante Lufterwärmung im Winter
- Heizen und Kühlen mit einem System
- Stufenlose Leistungsanpassung
- Komplette Steuerung der Gaswärmepumpe und der Lüftungsanlage über EINE gemeinsame Regelung
- Einfacher und schneller Systemaufbau
- Keine Frostschutzmaßnahmen
AISIN
TOYOTA Group
BERNDT

Bürogebäude
Regionalgas Euskirchen
13 HP
Direktverdampfung / -kondensation
AISIN
TOYOTA Group
BERNDT

AISIN GWP
Vertrieb · Schulung · Beratung
BERNDT
Otto-Hahn-Str. 6 • 53501 Gelsdorf
Tel: 02225/9132-0 • Fax: 02225/9132-39
Internet: www.gas-thermodynamik.de
eMail: gas@gas-thermodynamik.de

# Planung, Installation und Betrieb von Gasklimageräten

## Regelung/Steuerung und Gebäudemanagement

M. Gruss, München

# ASUE-Fachtagung 19. Oktober 2005

STULZ

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

## Regelung / Steuerung und Gebäudemanagement

---

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

## History

**1870:** Yataro Iwasaki gründet das erste MITSUBISHI-Unternehmen – einen **Transportbetrieb der Schifffahrt**. Erfolgreiche Expansion und Diversifikation in weitere Geschäftsbereiche, u. a. :

- Kohlebergbau
- Herstellung für Schiffs- und Maschinenbau
- Herstellung von Flugzeugen und Eisenbahnwagen
- Banken, Versicherungen
- Handel

**1934:** **MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES ist größtes privates Unternehmen in Japan.**

**1950:** Aufteilung in drei von einander unabhängige Gesellschaften: West/Central + East Japan Heavy-Industries, Ltd.

**1953:** **Produktion des ersten Kompakt-Klimagerätes**

**1964:** Erneute Zusammenführung der drei Gesellschaften zu MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, Ltd.

**1969:** **Beginn der Vertriebspartnerschaft mit Stulz auf dem deutschen Markt**

**2002:** **Markteinführung der ersten gasbetriebenen Wärmepumpe in Deutschland**

---

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. STULZ

## Produktbereiche

Kraft-Wärme-Kopplung

Windkraft

Gasturbinen

Klimatechnik

KOMFORT-KLIMA-SYSTEME

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

Dampfturbinen

Solartechnik

Brennstoffzellen

Gasmotoren



---

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. STULZ

## Geschäftsbereich Klima- und Befeuchtungssysteme



---

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. STULZ

## STULZ Holding GmbH

| STULZ GmbH | MONTAPLAST GmbH |
|---|---|
| GF: Jürgen Stulz | GF: Albert Stulz |

**Bereich Klimatechnik**

- » Präzisions-Klimageräte
- » Klima- und Befeuchtungssysteme

**Bereich Kunststofftechnik**

- » Präzisions-Kunststoffteile
- » Systempartner Automobilindustrie



---

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. STULZ

## Flächendeckende Beratung

Ugur ÖZBEY
Mobil: 0163 - 85 92 615
Tel: 05341 - 18 89 151
Fax: 05341 - 18 89 152
Email: ozbey@stulz.de

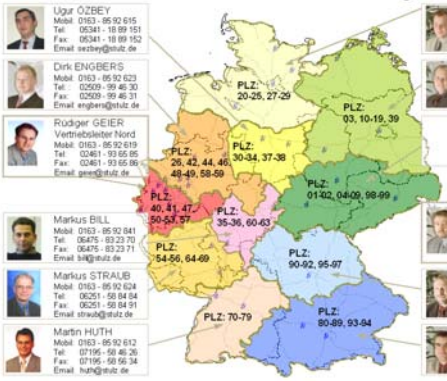
Dirk ENGBERS
Mobil: 0163 - 85 92 623
Tel: 02509 - 99 46 30
Fax: 02509 - 99 46 31
Email: engbers@stulz.de

Rüdiger GEIER
Vertriebsleiter Nord
Mobil: 0163 - 85 92 619
Tel: 02461 - 93 65 85
Fax: 02461 - 93 65 86
Email: geier@stulz.de

Markus BILL
Mobil: 0163 - 85 92 641
Tel: 06475 - 83 23 70
Fax: 06475 - 83 23 71
Email: bill@stulz.de

Markus STRAUB
Mobil: 0163 - 85 92 624
Tel: 06251 - 58 84 84
Fax: 06251 - 58 84 91
Email: straub@stulz.de

Martin HUTH
Mobil: 0163 - 85 92 612
Tel: 07195 - 58 46 26
Fax: 07195 - 58 56 34
Email: huth@stulz.de




Karsten TOLSDORF
Mobil: 0163 - 85 92 655
Tel: 040 - 7070 4633
Fax: 040 - 7070 4634
Email: tolsdorf@stulz.de

Marcus NITSCHKE
Mobil: 0163 - 85 92 617
Tel: 03304 - 31 835
Fax: 03304 - 31 834
Email: nitschke@stulz.de

Michael WEISE
Mobil: 0163 - 85 92 622
Tel: 03771 - 31 94 81
Fax: 03771 - 36 55 24
Email: weise@stulz.de

Stefan CRUSE
Vertriebsleiter Süd
Mobil: 0163 - 85 92 618
Tel: 06106 - 62 61 82
Fax: 06106 - 62 61 81
Email: cruse@stulz.de

Günter SAUKEL
Mobil: 0163 - 85 92 621
Tel: 09323 - 87 54 18
Fax: 09323 - 87 54 19
Email: saukel@stulz.de

Christian MÜLLER
Mobil: 0163 - 85 92 620
Tel: 08631 - 16 11 84
Fax: 08631 - 16 69 42
Email: mueller@stulz.de

# CompTrol®

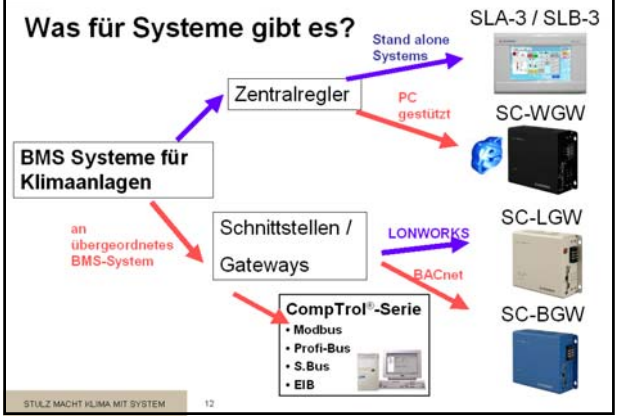
## Warum Klimatechnik zentral steuern, regeln und überwachen

## Warum Klimatechnik zentral steuern, regeln und überwachen?

- Individuelle Anpassung an das jeweilige Gebäude
- Optimierung der Betriebszeiten durch Ganzjahrestimer
  ⇒ Minimierung der Betriebskosten sowie Entlastung der Umwelt
- Pro Innengerät können die Betriebskosten ermittelt werden
- Raumtemperatur kann in Abhängigkeit von der Außentemperatur geregelt werden
- Anbindung an übergeordnete Leittechniken (LON/BACnet/etc.)
- Trotz zentraler Leittechnik kann individuelle Regelung an den Fernbedienung vorgenommen werden

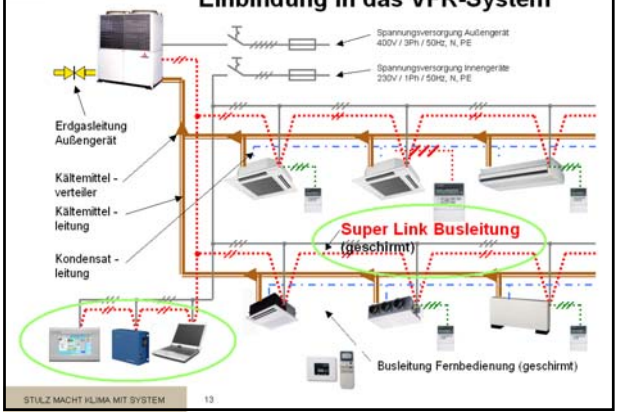


## Was für Systeme gibt es?



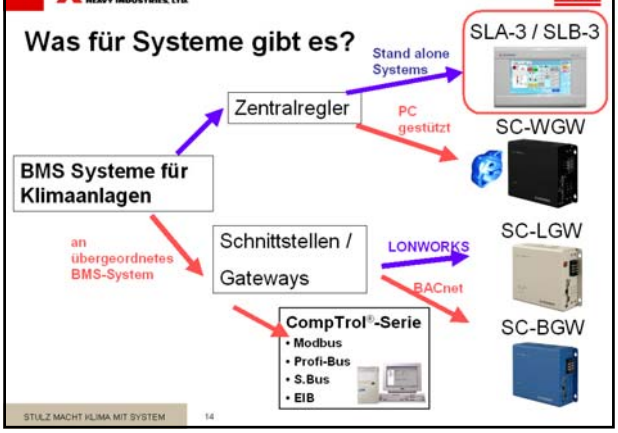



## Einbindung in das VFR-System






## Was für Systeme gibt es?



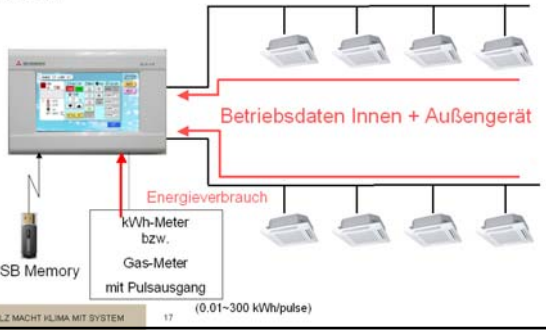



## *SLA-3 / SLB-3*
*Touch Panel*

- Software basiert auf Windows CE
- 7 inch-full-color LCD
- Touch Bedienfeld
- Bedienfreundlich
- Yearly timer
- Bis zu 144 Innengeräte anschließbar
- Raumabhängige Betriebskosten-abrechnung (SLB-3)

## SLB-3

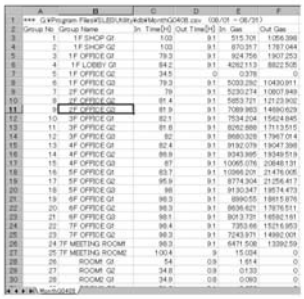
Raumabhängige Betriebskostenabrechnung
(SLB-3)






## SLB-3

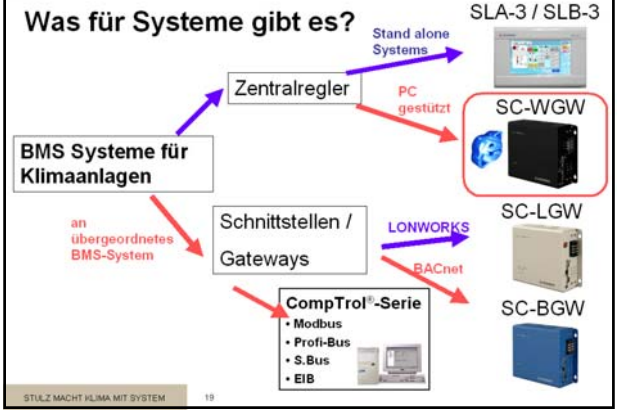
### Aufstellung der Betriebskosten (SLB-3)



Es wird ein CSV-File erstellt, der mit Excel verarbeitet werden kann.



## Was für Systeme gibt es?





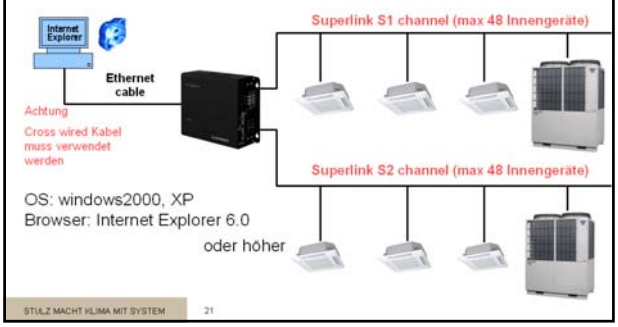

## 4. Web gateway SC-WGW

- Steuerung und Regelung über Internet Explorer
- Keine weitere Software notwendig
- Bis zu 384 (4x96) Innengeräte anschließbar
- Vergabe von Zugriffsrechte durch Passwort
  - Administrator
  - Controller
  - User



## 4. Web Gateway SC-WGW

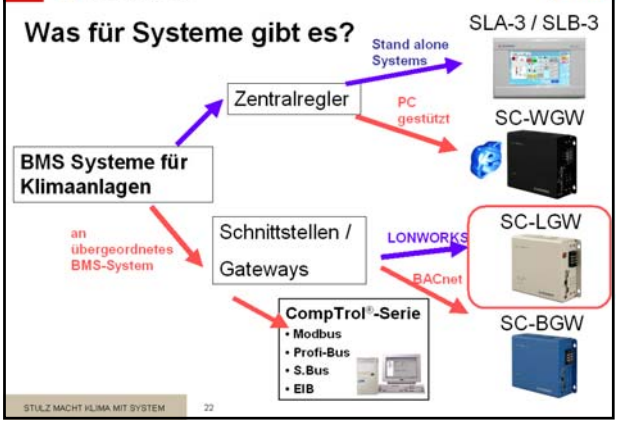
Basic connection




OS: windows2000, XP
Browser: Internet Explorer 6.0
oder höher



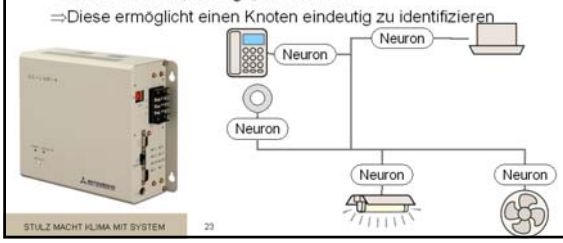
## Was für Systeme gibt es?



## LON Gateway SC-LGW

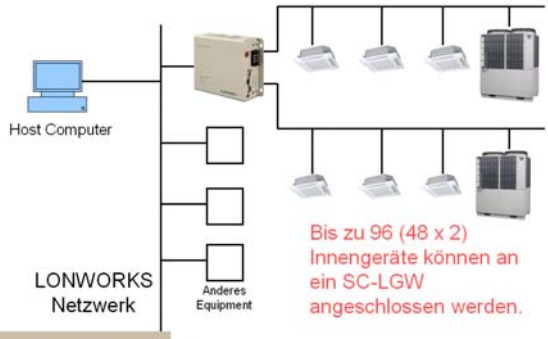
- LONWORKS wurde von Echelon Corporation entwickelt um Netzwerke zu managen.
- LONWORKS Netzwerke bestehen aus "Neuron Chips", welche durch die Echelon Corporation hergestellt werden
- Jeder NEURON erhält eine weltweit einmalige 48-bit Serien Nr., die s.g. „NEURON-ID"

⇒Diese ermöglicht einen Knoten eindeutig zu identifizieren





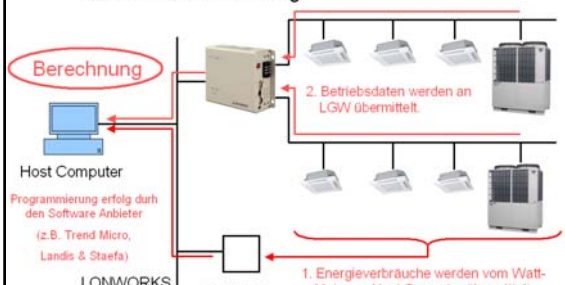

## LON Gateway SC-LGW





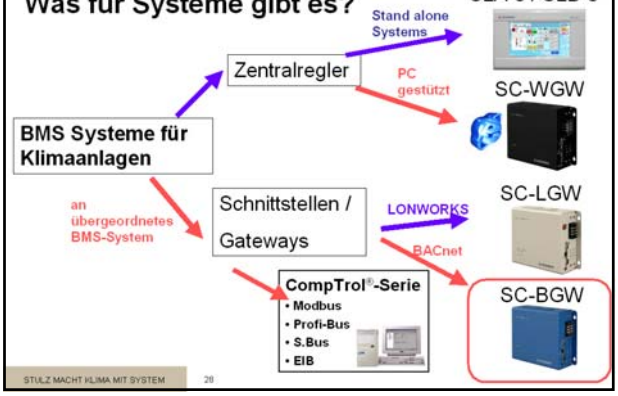

## LON Gateway SC-LGW

Betriebskostenerfassung





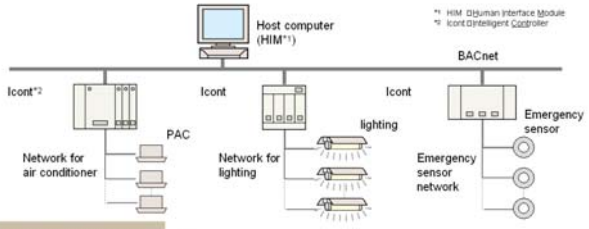

## Was für Systeme gibt es?






## BAC-net Gateway SC-BGW

BACnet (Building Automation and Control Networks) ist ein Standard Protokoll, welches durch ASHRAE eingeführt wurde.

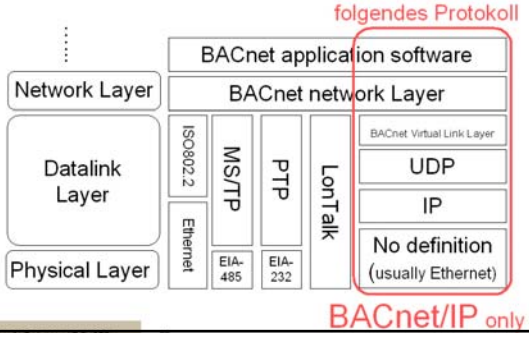





## BAC-net Gateway SC-BGW

Netzwerk Protokoll

MHI unterstützt folgendes Protokoll

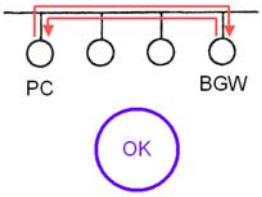


## BAC-net Gateway SC-BGW

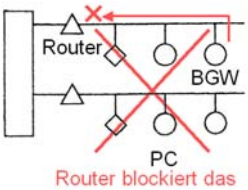
Einsatzgebiete

Netzwerk Struktur

Geschlossenes Netzwerk




Offenes Netzwerk




Router blockiert das Übertragungssignal vom BGW



## 5. BAC-net Gateway SC-BGW

Zusammenfassung

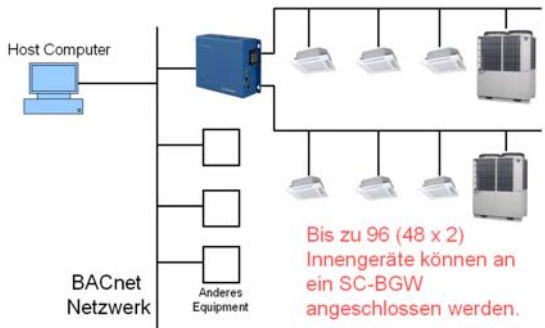
MHI unterstützt

(1) Protokoll: "BACnet/IP"

(2) Ein geschlossenes Netzwerk ohne Router



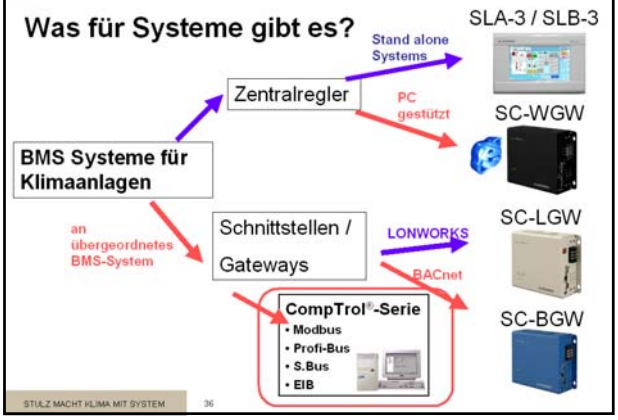
## 5. BAC-net gateway SC-BGW




Bis zu 96 (48 x 2) Innengeräte können an ein SC-BGW angeschlossen werden.



## Was für Systeme gibt es?

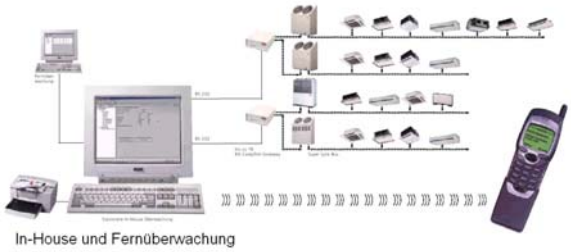





## KX - CompTrol

EXTERNE STEUERUNG ÜBER PC MIT WINDOWS-SOFTWARE

Steuerung und Monitoring von bis zu 768 Innengeräten



In-House und Fernüberwachung



## KX - CompTrol Standard

- Ein-/Ausschalten
- Zwangs-Ein- / Zwangsausschaltung (fix oder außentemperaturabhängig)
- Freigabe Fernbedienung und/oder Zentralsteuerung

- Temperatur-Sollwert
- **Sollwertbegrenzung (fix oder außentemperaturabhängig)**
- **Sollwertschiebung (z.B.Nachtabsenkung bei Heizfunktion)**
- Außentemperatur-Kompensation

- Betriebs-Mode (Kühlen/Entfeuchten/Heizen/Lüften/Automatik)
- Betriebsart-Verriegelung
- Zwangs-Kühl- / Zwangs-Heizbetrieb
- **automatische Umschaltung Kühlen / Heizen**
  - abhängig von gemittelter Raumtemperatur frei definierter Referenzgeräte
  - abhängig von mehrheitlicher Betriebsart frei definierter Referenzgeräte
  - abhängig von Außentemperatur

## KX - CompTrol Standard

- Gruppendefinition (unbegrenzte Anzahl, Mehrfachbenennung)
- **Tageszeitschaltprogramm (unbegrenzte Anzahl)**
- Pre-Cool- und Pre-Heat-Funktion (optimierte Einschaltzeiten)
- **Jahreszeitschaltprogramm**
- Definition von Feiertagen (fix und variable)
- Definition von Urlaubs- und Ferienzeiten
- **Energiekostenauswertung, Einzelraumabrechnung**
- Störungsanzeige mit alphanumerischem Fehlercode
- Störungsliste mit Datum, Uhrzeit, Geräteadresse, Fehlercode
- **Weiterleitung von Störmeldungen via Fax, Email, Telefon oder SMS**
- Anzeige von Servicemeldung
- Fernüberwachung über Remote-Desktop-Verbindung



**Alle o.g. BMS Systeme können an MHI-Gas- und Elektrowärmepumpen angeschlossen werden!**

## ASUE-Fachtagung 19. Oktober 2005

# Grundlagen, Funktionsweise und Einsatzbeispiele von Gasabsorptionswärmepumpen

A. von Rohr, Friedrichshafen

# Grundlagen, Funktionsweise und Einsatzbeispiele von Gasabsorptionswärmepumpen

Alex von Rohr, Isocal GmbH, 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

**Ausführungsbeispiel**

**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.

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ASUE-Fachtagung - Euskirchen

# GRUNDLAGEN, FUNKTIONSWEISE UND EINSATZBEISPIELE VON GASABSORPTIONSWÄRMEPUMPEN

isocal HeizKühlsysteme GmbH

---

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### EINTEILUNG VON WÄRMEPUMPEN

**Kompression:**
- elektromotorisch
- verbrennungsmotorisch

**Absorption:**
- Ammoniak / Wasser
- Lithiumbromid / Wasser

**Adsorption**

**Sonderformen**

isocal HeizKühlsysteme GmbH

---

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK

- Sehr hohe Effizienz / Wirkungsgrad

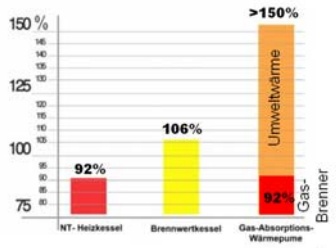
isocal HeizKühlsysteme GmbH

---

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK
### EFFIZIENZ DES PRIMÄRENERGIETRÄGERS




isocal HeizKühlsysteme GmbH

---

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### ARBEITSZZAHL / EFFIZIENZ

| COP (Coeffizient of Performance) | G.U.E (Gas Utilization Effiziency) |
|---|---|
| Elektrowärmepumpe | Gasabsorptionswärmepumpe |
| Antriebsenergie „STROM" | Antriebsenergie „GAS" |
| 1 Teil Strom (= 3 Teile Gas/Öl)<br>+ 2 Teile Umgebungswärme<br>= 3 Teile Nutzwärme | 2 Teile Gas<br>+ 1 Teile Umgebungswärme<br>= 3 Teile Nutzwärme |
| → COP = 3 | → G.U.E = 1,5 |
| COP x 0,33* = G.U.E | G.U.E / 0,33* = COP |
| → G.U.E = 0,99 | → COP = 4,55 |

*0,33 = Durchschnittlicher Kraftwerkswirkungsgrad

isocal HeizKühlsysteme GmbH

---

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK

- Sehr hohe Effizienz / Wirkungsgrad
- Kälte und Wärme gleichzeitig nutzbar (237%)

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK

**KÄLTE UND WÄRME GLEICHZEITIG NUTZBAR**

Gesamteffizienz bei Nutzung von Kälte und Wärme = 237 %

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK

- Sehr hohe Effizienz / Wirkungsgrad
- Kälte und Wärme gleichzeitig nutzbar (237%)
- **Kältekreis mit NH3 / H2O (technisch/ökologisch)**

isocal HeizKühlsysteme GmbH

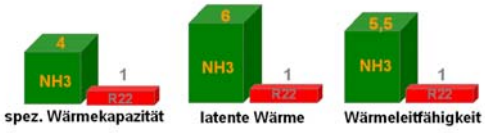
GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK

**KÄLTEMITTEL IM VERGLEICH:** Ammoniak / R 22

**$NH_3$ besitzt ausgezeichnete thermodynamische Eigenschaften und eignet sich hervorragend für die Gasabsorptionstechnik**




isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK

- Sehr hohe Effizienz / Wirkungsgrad
- Kälte und Wärme gleichzeitig nutzbar (237%)
- Kältekreis mit NH3 / H2O (technisch/ökologisch)
- **großer Einsatzbereich von -12°C bis 65°C (80°C)**

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK

- Sehr hohe Effizienz / Wirkungsgrad
- Kälte und Wärme gleichzeitig nutzbar (237%)
- Kältekreis mit NH3 / H2O (technisch/ökologisch)
- großer Einsatzbereich von -12°C bis 65°C (85°C)
- **Nutzung regenerativer Energien (Umweltwärme)**

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## GRUNDLAGEN

### VORTEILE DER ABSORPTIONSTECHNIK

- Sehr hohe Effizienz / Wirkungsgrad
- Kälte und Wärme gleichzeitig nutzbar (237%)
- Kältekreis mit NH3 / H2O (technisch/ökologisch)
- großer Einsatzbereich von -12°C bis 65°C (85°C)
- Nutzung regenerativer Energien (Umweltwärme)
- **Technik seit Jahrzehnten verbreitet (Einstein)**

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## FUNKTIONSWEISE

### GAS-ABSORPTIONSWÄRMEPUMPEN

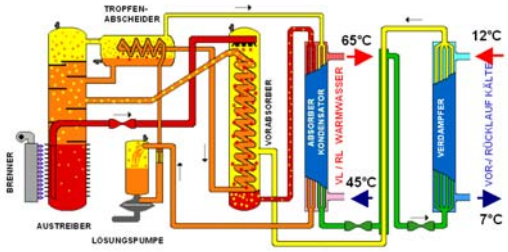
GAHP-AR GAHP-W GAHP-A

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## FUNKTIONSWEISE

### WÄRMEPUMPE "GAHP–W"




isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### KOSTEN / INVESTITION

- € 12.650 für 40 kW Heiz- / und 18 kW Kälteleistung

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### KOSTEN / INVESTITION

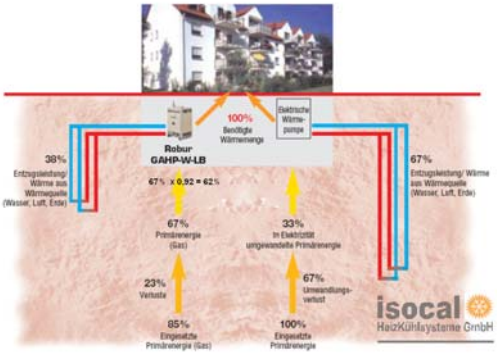
- € 12.650 für 40 kW Heiz- / und 18 kW Kälteleistung
- nur ca. 50% der Kosten für Erdsonde, Brunnen…

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### SONDENGRÖSSE - ENTZUGSLEISTUNG

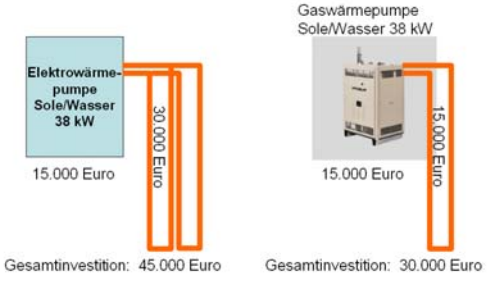



isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### INVESTITIONSKOSTEN IM VERGLEICH




isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### KOSTEN / INVESTITION

- € 12.650 für 40 kW Heiz- / und 18 kW Kälteleistung
- nur ca. 50% der Kosten für Erdsonde, Brunnen…
- **drastisch reduzierte elektrische Anlage / Fixkosten**

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### KOSTEN / INVESTITION

- € 12.650 für 40 kW Heiz- / und 18 kW Kälteleistung
- nur ca. 50% der Kosten für Erdsonde, Brunnen…
- drastisch reduzierte elektrische Anlage / Fixkosten
- **keine Investition für Puffer / Zusatzkessel…**

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### KOSTEN / INVESTITION

- € 12.650 für 40 kW Heiz- / und 18 kW Kälteleistung
- nur ca. 50% der Kosten für Erdsonde, Brunnen…
- drastisch reduzierte elektrische Anlage / Fixkosten
- keine Investition für Puffer / Zusatzkessel…
- **kaum bewegliche Teile – langlebig / wartungsarm**

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### KOSTEN / INVESTITION

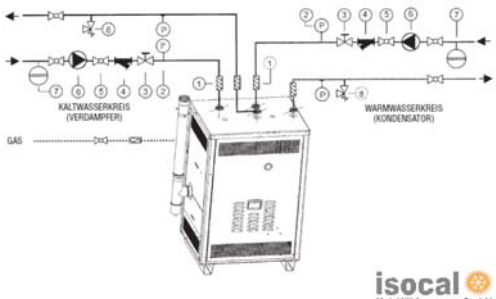
- € 12.650 für 40 kW Heiz- / und 18 kW Kälteleistung
- nur ca. 50% der Kosten für Erdsonde, Brunnen…
- drastisch reduzierte elektrische Anlage / Fixkosten
- keine Investition für Puffer / Zusatzkessel…
- kaum bewegliche Teile – langlebig / wartungsarm
- **niedrige Betriebs- / und Instandhaltungskosten**

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## ANWENDUNG

### HYDRAULISCHER ANSCHLUSS

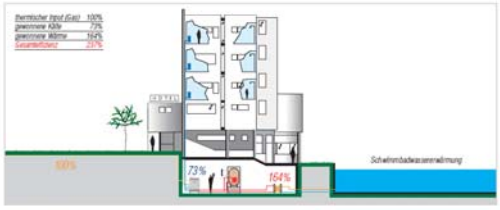



isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## EINSATZBEISPIELE

### HEIZEN UND KÜHLEN – EFFIZIENZ 237%




Anwendungsbeispiel einer GAHP-W Einheit. Gebäudeklimatisierung unter gleichzeitiger Nutzung der Abwärme zur Brauchwasserwärmung und/oder zur Schwimmbadwasserwärmung.

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## EINSATZBEISPIELE

### VILLA AM BODENSEE

Heiz- / Kälteleistung: 35 kW / 17,5 kW

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## EINSATZBEISPIELE

### BÜROGEBÄUDE IN FRIEDRICHSHAFEN

Heiz- / Kälteleistung: 35 kW / 17,5 kW
in Kombination mit saisonalem Latentspeicher/ Eisspeicher

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## EINSATZBEISPIELE

### AUTOHAUS MIT VERKAUFSRÄUMEN

Luft/Wasser-Wärmepume zum Heizen und Kühlen in Kombination
mit 80 kW Brennwertkessel

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## EINSATZBEISPIELE

### KINOCENTER 32 Einheiten RTCF/AY

Heiz- / Kälteleistung: 464 kW / 280 kW

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## EINSATZBEISPIELE

### MESSEZENTRUM IN ESSEN

73 Einheiten, Kälteleistung: 1290 kW

isocal HeizKühlsysteme GmbH

GAS-ABSORPTIONSTECHNIK

## EINSATZBEISPIELE

### BÜROGEBÄUDE IN BAD OEYNHAUSEN

4 Luft/Wasser-Wärmepumpen (2x nur heizen, 2x heizen und kühlen)
Heizleistung: 140 kW, Kälteleistung: 35 kW

isocal HeizKühlsysteme GmbH

# Praxiserfahrungen mit einer gasmotorischen Wärmepumpe in einem Kundenzentrum

Dr. P. Nitschke-Kowsky, Essen

**Praxiserfahrungen mit einer gasmotorischen Wärmepumpe in einem Kundenzentrum**

Dr. Petra Nitschke-Kowsky, E.ON Ruhrgas AG, Essen

In Japan sind gasmotorische Klimageräte verschiedener Hersteller schon seit einigen Jahren in hohen Stückzahlen auf dem Markt und sorgen dort für angenehme und wirtschaftliche Klimatisierung. Seit 2002 sind diese Geräte auch CE-zugelassen und drängen auf den deutschen und europäischen Markt. Die E.ON Ruhrgas AG unterstützt diese Entwicklung intensiv sowohl in technischer Hinsicht als auch im Marketing. Erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zeigten, dass unter den europäischen Gas- und Strompreisverhältnissen sowie unter den mitteleuropäischen Klimabedingungen gerade gasmotorische Klimaanlagen mit ihrem Leistungsbereich von ca. 20 kW bis 60 kW rechnen, wenn sowohl die Kühl- als auch die Heizfunktion genutzt werden kann. In einem Praxisprojekt sollte daraufhin untersucht werden, ob die Anlagen auch in der Praxis zuverlässig und nutzerfreundlich arbeiten und sich ausreichend hohe Nutzungsgrade für einen wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Betrieb nachweisen lassen.

Bevor die ersten gasmotorischen Klimageräte ihre Zulassung in Europa hatten, bemühten sich die Stadtwerke Neuss um den Einsatz eines japanischen Gerätes der Firma Mitsubishi-Heavy in ihrem Kundenzentrum in Neuss. Unterstützt wurden sie durch den deutschen Importeur Firma Stulz und die installierende Firma KKL, so dass das 56 kW-Gerät schon im Frühjahr 1999 in Betrieb gehen konnte. Seit 2003 begleitet die E.ON Ruhrgas AG mit Beteiligung der RWE Rhein-Ruhr dieses Projekt messtechnisch.

Der **Gebäudekomplex**, in dem das Kundenzentrum liegt, ist ein typischer 70er Jahr Bau aus einer Betonelemente-Konstruktion mit Flachdach und umfasst neben dem Kundenzentrum mehrere Ladenlokale und Wohnungen, siehe Chart 3. Das Kundenzentrum hat auf etwa 725m² Platz für Kundenberatung, Arbeitsplätze für Mitarbeiter, Ausstellungsflächen für Gasgeräte und einige Besprechungsräume (Chart 4). Schon nach dem ersten Sommer zeigte sich, dass sich die Innenräume durch die Sonneneinstrahlung auf das schlecht gedämmte Flachdach, aber auch durch innere Lasten,

wie Beleuchtung, Computer und nicht zuletzt die Mitarbeiter und Kunden bis auf mehr als 30°C aufheizten und kein angenehmes Arbeiten mehr möglich war. Im Winter ergab sich eine weiteres Problem: Die zum Beheizen der Räume genutzte zentrale Lüftungsanlage brachte nicht die nötige Wärmeleistung, konnte aber auch nicht angepasst werden, da sämtliche Ladenlokale von ihr versorgt werden.

Nach intensiven Recherchen und Planungen entschlossen sich die Stadtwerke zur Installation eine **gasmotorischen VRF-Multisplitanlage** der Fa. Mitsubishi Heavy zum Kühlen (57 kW) und Heizen (63 kW). Der Einbau der Anlage konnte rasch und unkompliziert ohne allzu große Beeinträchtigung des laufenden Geschäftsbetriebs erfolgen. Die geringen Rohrquerschnittsmaße der Kältemittelleitungen erlaubten eine problemlose Installation in die sehr begrenzten Decken-Zwischenräume. Es musste nur ein Leitungssystem installiert werden, da jedes der 13 in die Decke eingelassenen Innengeräte (siehe Chart 5) sowohl die Kühl- als auch die Heizfunktion übernimmt. Die Aufstellung des Außengerätes der gasmotorischen Wärmepumpe erfolgte im Eingangsbereich der Tiefgarageneinfahrt (siehe Chart 6). Die Anlage ging bereits im Frühjahr 1999 in Betrieb und läuft seit dem zur großen Zufriedenheit der Nutzer. Verbrauchsdaten, Betriebszustände oder Nutzungsgrade konnten jedoch noch nicht erfasst werden.

Im Frühjahr 2003 installierte die E.ON Ruhrgas AG **die Messtechnik und Datenerfassung** (Chart 7) in einem Container in der Tiefgarage (Chart 8). Gas- und Stromzähler sowie Temperatur- und Feuchtefühler für die Außenluft wurden angebracht. Ein Datalogger erfasste die Messgrößen alle 10 Sekunden und mittelte sie zu Minutenwerten. Die Daten wurden von einem PC erfasst und wöchentlich auf eine CD gespeichert an Ruhrgas übergeben. Sämtliche Daten wurden in einer Accessdatenbank gespeichert. Die Firma Mitsubishi Heavy konnte dazu gewonnen werden, die an der internen Schnittstelle des Außengerätes auflaufenden Daten über einen eigenen PC auszulesen und uns zur Verfügung zu stellen. So konnte neben den Verbrauchsdaten auch die abgegebene Leistung errechnet werden. Diese Werte wurden ebenfalls in der Accessdatenbank abgelegt, so dass die kompletten Datensätzen zur Auswertung herangezogen werden konnten. Ein Auswerteprogramm stellt monatsweise die Tagesmittelwerte der Gas- und Stromverbräuche, der Innen- und

Außentemperaturen und Feuchten dar und berechnete die Tagesnutzungsgrad der Anlage.

In Chart 9 ist zunächst der gemessene tägliche Gasverbrauch zum Kühlen in blau und zum Heizen in rot dargestellt. Aufgrund der hohen inneren Lasten besteht schon ab etwa 15°C Außentemperatur ein deutlicher Kühlbedarf. Mit der Außentemperatur steigt der Tagesverbrauch linear an und erreicht bei knapp 30°C einen Wert, der einer 100% igen Auslastung entspricht (54,6 kW x 24 h =1310 kWh). Die hohe Schwankungsbreite der Tagesverbräuche bei gleicher mittlerer Außentemperatur lässt sich durch Sonn- und Feiertage ohne innere Lasten sowie durch die hohe Speicherfähigkeit des Gebäudes erklären. Der Heizgasverbrauch steigt linear mit sinkender Außenlufttemperatur an, nimmt in seinem Maximum aber nur einen Wert von etwa 37% des Maximalverbrauchs an, da die Gaswärmepumpe nur die Funktion einer Zusatzheizung übernimmt, während das Lüftungssystem die wesentliche Heizarbeit leistet.

Summiert man den Gasverbrauchs über ein Jahr jeweils getrennt für Heizen und Kühlen auf, so ergibt einen Jahresverbrauch von 157 kWh/m²a für die Klimatisierung (Chart 10) bezogen auf die 725 m² und einen Verbrauch von 80 kWh/m²a für die Zusatzheizung (Chart 11). Der Bedarf für die Klimatisierung liegt damit in einem für diesen Gebäudetyp und die Nutzung typischen Bereich. Da an dieser Stelle nur die reine Zusatzheizung betrachtete wurde, liegt der durchschnittliche Heizwärmeverbrauch natürlich unter den durchschnittlichen Werten für Gebäude aus den 70er Jahren.
Die Nutzungsgrade der Anlage im Kühl- oder Heizbetrieb wurden als Stundenmittelwerte berechnet. Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, dass eine deutliche Abhängigkeit von der mittleren Leistungsaufnahme des Gerätes besteht.

Im Kühlbetrieb (Chart 12) erreicht das Gerät ab Leistungen oberhalb von etwa 38% der Nennleistung sehr gute Nutzungsgrade von 1,2 bis 1,3. Bei hoher Gerätebelastung liegen natürlicherweise hohe Außentemperaturen vor, mit denen ja auch der wärmeabführende Luftwärmeaustauscher des Außengerätes belastet wird. So kommt es prozessbedingt zu einem leichten Absinken der Nutzungsgrade hin zur Maximalbelastung. Auffallend ist aber auch das Absinken der Nutzungsgrade hin zu niedriger Belastung. Wie in der Diplomarbeit gezeigt werden konnte, liegt das an der

speziellen Regelungstechnik des Kältemittelmassenstromes. Kann die Drehzahl der Verdichter nicht mehr durch Absenken der Motordrehzahl gesenkt werden, wird einer der beiden Verdichter weggeschaltet und die Motordrehzahl wieder hochgefahren. Gerade in diesem Regelbereich nehmen die Nutzungsgrade ab. Über den gesamten vermessenen Kühlzeitraum konnte ein Nutzungsgrad von COP= 1,1 gemessen werden.

Ganz ähnlich ist das Verhalten der Anlage im Heizbetrieb (Chart 13). Im Leistungsbereich oberhalb von ca. 38 % der Nennleistung werden sehr gute Nutzungsgrade von 1,4 bis sogar 1,7 erreicht. Hier werden also 40% bis 70% der Heizenergie aus der Umwelt gewonnen und so Primärenergie eingespart. Im kleinen Leistungsbereich sinkt der Nutzungsgrad auf Werte zwischen 0,8 und 0,9 ab. Eine Auswertung der gesamten Heizperiode ergab einen Nutzungsgrad von 0,94. Damit werden immerhin die Nutzungsgrade eines Brennwertkessels erreicht, dennoch ist der Wert für eine Wärmepumpe enttäuschend. Hier zeigt sich, dass die Installation als Zusatzheizung, wie es sich für diesen Fall ergeben hat, bezüglich der Effizienz nicht die optimale Anwendung ist, da die Wärmepumpe zu häufig im unteren Lastbereich fahren muss. Berechnet man für ein optimal ausgelegtes Heizsystem in Anlehnung an die Norm für Heizkessel einen Normnutzungsgrad, so ergibt ein Wert von COP = 1,15.
Im Heizfall lassen sich Verbrauchskosteneinsparung und $CO_2$-Reduzierung im Vergleich zu einer konventionellen Anlage mit Gaskessel direkt abschätzen (Chart 14). Zwar haben sich für die Anlage in Neuss keine Reduktionen ergeben, bei einer optimalen Auslegung sind aber Einsparungen von ca. 20% sowohl im Verbrauch, als auch bei der $CO_2$-Erzeugung zu erwarten.

Im Kühlfall muss bei der Abschätzung der Einsparungen an Verbrauchskosten bzw. $CO_2$-Emissionen im Vergleich zu einer elektrischen Multisplit-Klimaanlage das Preisverhältnis bzw. das Verhältnis der $CO_2$-Faktoren beider Energieträger berücksichtigt werden (Chart 15). Das Preisverhältnis ist im Gewerbe üblicherweise etwa 1:3. Ebenso beträgt das Verhältnis der $CO_2$--Faktoren 1:3. Es lässt sich also leicht errechnen, dass mit dem gemessenen Nutzungsgrad von 1,1 und einem durchschnittlichen Nutzungsgrad elektrischen Anlagen von 2,6 auch für den Kühlbetrieb Einsparungen an Verbrauchskosten und CO2-Emissionen von 20 % erreicht werden.

Die Betriebserfahrungen der Stadtwerke Neuss mit ihrer gasmotorischen Klimaanlage sind durchweg positiv. Seit Frühjahr 1999 läuft die Gaswärmepumpe der Firma Mitsubishi-Heavy störungsfrei. Jährlich erfolgte eine Wartung des Außengerätes, bei der aber nur Filter- und Ölwechsel erforderlich waren. Die Mitarbeiter können an ihrem Arbeitsplatz über eine Kabel-Fernbedienung die gewünschte Temperatur, die Ventilatordrehzahl und den Ausblaswinkel individuell einstellen und sind sowohl bezüglich Klimatisierung, als auch bezüglich Heizung mit dem Komfort sehr zufrieden. Anhand der Messungen ließen sich auch einige Verbesserungsvorschläge bzw. Empfehlungen für Planer herausarbeiten. Die Laufzeiten des Motors lagen mit ca. 6.000 h/a sehr hoch. Die Messungen zeigten schnell, dass das Gerät häufig auch in Abend- und Nachtstunden, sowie an Feiertagen in Betrieb war. Ursache ist die alleinige Regelung über die Temperatureinstellung an den Innengeräten, der hohe Modulationsbereich des Außengerätes sowie das Ansprechen schon auf geringe Abweichungen von der Solltemperatur. Um den Betrieb der Anlage zukünftig zu optimieren, wird derzeit die Regelung durch ein Nachtabschaltungsmodul ergänzt, so dass unnötige Heiz- und Kühlzeiten vermieden werden können. Das bereits erläuterte Absinken der Nutzungsgrade im kleinen Leistungsbereich sollte durch eine genaue Auslegung der Anlage und Vermeiden von kleinen Lasten (z.B. einzeln gekühlter Serverraum im Winter) vermieden werden.

Die Gesamtbilanz des Praxiseinsatzes der Gaswärmepumpe von Mitsubishi-Heavy im Kundenzentrum der Stadtwerke Neuss fällt also positiv aus. Betreiber und Nutzer sind sehr zufrieden und die energetische Bewertung ergibt einen sparsamen Verbrauch mit einem $CO_2$-Vorteile gegenüber elektrischer Kühlung und konventioneller Beheizung.

# Praxiserfahrungen mit einer gasmotorischen Wärmepumpe in einem Kundenzentrum

Dr. P.Nitschke-Kowsky E.ON Ruhrgas AG

## Gliederung

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

- **Anlage** — Kundenzentrum, Gerät, Zeitraum
- **Methode** — Messtechnik, Datenerfassung
- **Ergebnis** — Gasverbrauch, Laufzeiten, Nutzungsgrade, Betriebserfahrung,...
- **Empfehlung** — Was kann man besser machen? Planungshinweise



## Stadtwerke Neuss Außenansicht Kundenzentrum

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

## Stadtwerke Neuss Innenansicht Kundenzentrum

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

## Innengeräte im Kundenzentrum der Stadtwerke Neuss

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

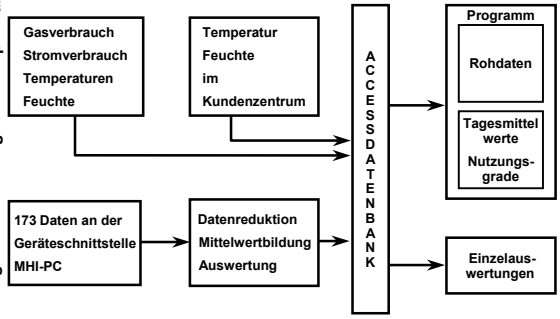
## Aufstellplatz gasmotorischen Wärmepumpe

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

## Datenerfassung und Auswertung

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung




Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 7
2004

## Aufstellort der Datenerfassung

e·on ruhrgas

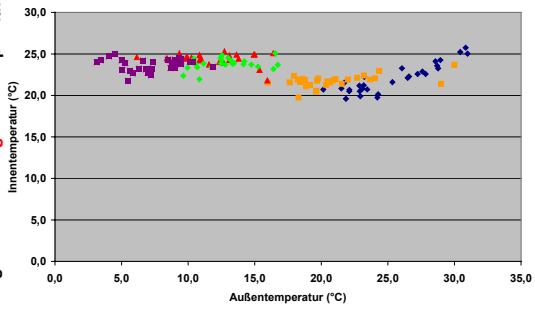
Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 8
2004

## Temperaturen im Kundenzentrum

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

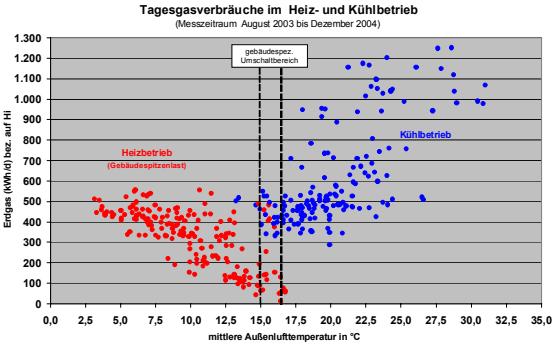



Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 9
2004

## Tagesgasverbräuche der Gaswärmepumpe

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung




Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 10
2004

## Betriebserfahrungen

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

- Installation der ersten gasmotorischen Klimaanlage in Deutschland
- Störungsarme Installation der Anlage bei laufendem Betrieb im Kundenzentrum
- Zuverlässiger Betrieb seit Frühjahr 1999
- Hohe Zufriedenheit der Nutzer im Kundenzentrum
- Ergänzungsheizung sehr willkommen
- Einfache Wartung der Anlage durch den installierenden Betrieb

Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 11
2004

## Ergebnisse Kühlen

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

| | | |
|---|---|---|
| Energieverbrauch 2003 (Erdgas) (August und September) | 40.500 kWh | 57 kWh/m² |
| Volllaststunden | 723 h | |
| Energieverbrauch 2004 (Erdgas) (Mai bis September) | 85.600 kWh | 114 kWh/m² |
| Volllaststunden | 1500 h | |

| | | |
|---|---|---|
| Maximale geforderte Kühlleistung (Tagesmittel) | 52 kW | 74 W/m² |
| Außentemperatur (Tagesmittel) | 28 °C | |
| Innentemperatur (Tagesmittel) | 24 °C | |

Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 12
2004

## Ergebnisse Heizen

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

| | | |
|---|---|---|
| Energieverbrauch (Erdgas) (Oktober bis April) | 54.500 kWh | 78 kWh/m² |
| Volllaststunden | 900 h | |

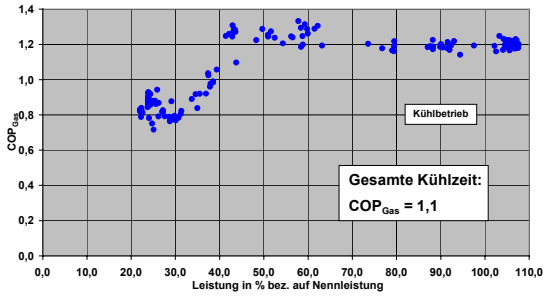
| | | |
|---|---|---|
| Maximale geforderte Heizleistung (Tagesmittel) | 21,5 kW | 30 W/m² |
| Außentemperatur (Tagesmittel) | 3,1 °C | |
| Innentemperatur (Tagesmittel) | 24 °C | |

Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 13
2004

## Nutzungsgrad der Gaswärmepumpe im Kühlbetrieb

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

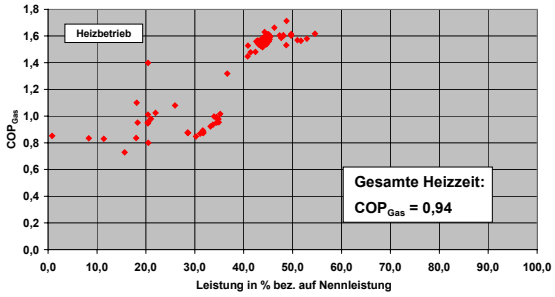



Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 14
2004

## Nutzungsgrad der Gaswärmepumpe im Heizbetrieb

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung




Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 15
2004

## Verbrauchskosteneinsparung und $CO_2$-Reduzierung im Heizbetrieb

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

Einfacher Vergleich mit konventioneller Heizungsanlage mit Gaskessel möglich:

- ✓In Neuss arbeitet die gasmotorische Wärmepumpe ebenso effizient, wie eine Heizungsanlage mit Brennwertkessel
- ✓Nutzungsgrade von ca. 1,15 bei optimaler Auslegung
- ✓ca. 20% Verbrauchskostenersparnis
- ✓ca. 20% CO2-Reduzierung
- ✓In jedem Betriebszustand mindestens so gut, wie ein NT - Kessel

Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 16
2004

## Verbrauchskosteneinsparung $CO_2$-Reduzierung im Kühlbetrieb

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

$$\textit{Ersparnis}\ (\%) = 100\% - \frac{\textit{Faktor}_{Gas}}{\textit{Faktor}_{Strom}} \times \frac{COP_{Strom}}{COP_{Gas}}$$

Vergleich mit konventioneller Multisplit-Klimaanlage:

- ✓In Neuss arbeitet die gasmotorische Wärmepumpe deutlich effizienter, als eine elektrische Multisplitanlage
- ✓ca. 20% Verbrauchskostenersparnis
- ✓ca. 20% $CO_2$-Reduzierung

| | |
|---|---|
| Annahmen: | $CO_2$Faktoren: |
| elektr. Multisplitklimaanlage: COP = 2,6 | Erdgas: 0,2 kg $CO_2$/kWh |
| Preisverhältnis Gas zu Strom wie 1 : 3 | Strom: 0,6 kg $CO_2$/kWh |

Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 17
2004

## Empfehlungen Was kann man besser machen?

e·on ruhrgas

Anlage Methode Ergebnis Empfehlung

Erfahrungen im Kundenzentrum:

- Hohe Laufzeiten des Motors
- Relativ niedriger Heizungsnutzungsgrad

Empfehlung an den Planer:

- Einbau einer Nachtabsenkung vorsehen.
- Genaue Auslegung der Leistung für den Kühl- und den Heizfall.
- Vermeiden kleiner Lastanforderungen z.B. Kühlen eines einzelnen Serverraumes im Winter.

Nitschke-Ko
2_366_01
Folie 18
2004

## Zusammenfassung

Nitschke-Ko
_366_01
Folie 19

2004

# Planung und Istallation von Gasklimageräten im Betriebsgebäude der Reginalgas Euskirchen

H. Linscheidt, Schleiden

## Planung und Installation von Gasklimageräten im Betriebsgebäude der Regionalgas Euskirchen GmbH & Co. KG

19. Oktober 2005

Regionalgas Euskirchen GmbH & Co. KG

Ing.-Büro Linscheidt

## Aufgabenstellung:

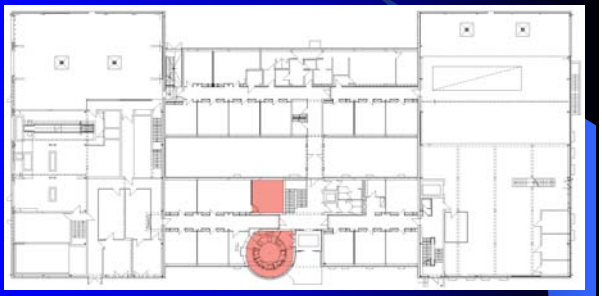
Planung einer Lüftungsanlage zur Beheizung und Kühlung des Schulungsraumes der Regionalgas Euskirchen GmbH & Co. KG

sowie

Kühlung des Patchraumes und der Leitwarte im Zusammenhang mit der Gesamtplanung der haustechnischen Gewerke

## Grundriss Obergeschoss

## Grundriss Erdgeschoss



## Planungsdaten Schulungsraum

- Raumkühllast
- Zuluftmenge

➢ Anlagenkühllast: ca. 37 kW
➢ Anlagenheizlast: ca. 28 kW

## Planungsdaten Patchraum / Leitwarte

- Raumkühllast Patchraum
- Raumkühllast Leitwarte

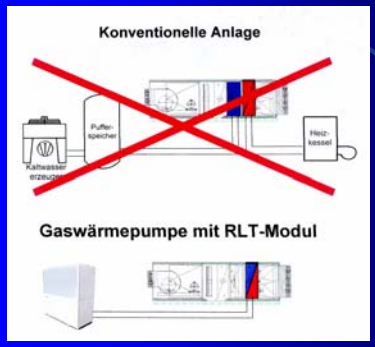
## 1. Planungsansatz Schulungsraum

- Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Heizung: konventionell über PWW
- Kühlung: E-Kaltwassererzeuger

## 2. Planungsansatz: Alternative Gaswärmepumpe

- Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Heizung: Gaswärmepumpe
- Kühlung: Gaswärmepumpe

## Vorteile Gaswärmepumpe




- Erdgas
- E-Anschlussl.
- Hohe Heizl.
- Schall GWP
- Einzelregister
- Werbeeffekt

## Planungsansatz Patchraum / Leitwarte

- ausschließlich Kühlung
- hohe Betriebssicherheit – Redundanz für den Patchraum

## Ausführungsplanung Schulungsraum

- Lüftungsanlage entsprechend den v. g. Anforderungen

➢ Gaswärmepumpe Direktverdampfer / Kondensator mit 35,5 kW Kühlleistung

## Ausführungsplanung Patchraum

- Pilotprojekt “Sanyo”
- Im Leistungsbereich von 8 kW “Erstanlage” in Deutschland
- ausgestattet mit 2 Innengeräten für Leitwarte – 1 Innengerät Patchraum
- Redundanz mit 10 kW E-Splitkälteanlage

## Standort der Installationen - Erdgeschoss

## Standort der Installationen - Obergeschoss

## Standort der Installationen - Dachaufsicht

## Ausschreibungen

- Getrennte Gewerke Lüftung und Kälte
- Kältetechnik “Funktionalausschreibung” Regelung für Lüftung und 35,5 kW-GWP
- 8 kW-GWP Sanyo Bezug durch Regionalgas Euskirchen vom Hersteller

## Ergebnis der Angebotsauswertung

- Spanne der Preisangebote
- Ausführung durch Fa. Berndt als kompetenter Partner

## Ausführung der Maßnahme

- keine CE-Konformität → Einzelabnahme der Sanyo-GWP durch TÜV
- Aisin-GWP mit CE-Konformitätserklärung
- Abnahme Lüftungsanlagen durch TÜV

## Lüftungsgerät als Dachzentrale

## Standorte der GWP´s

## Fazit

- wachsender Markt für zukunftsweisende Technik
- Planung und Bauüberwachung analog zu herkömmlichen Anlagen
- Wärme im Winter, Kälte im Sommer
  Vorteil einer konstanteren Auslastung der Gassysteme

## abschließend

- laden wir zur Besichtigung und Vorführung der beiden Gaswärmepumpenanlagen…

Vielen Dank