ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

Heizen - Kühlen - Klimatisieren

mit Gas-Wärmepumpen und -Kälteanlagen

Materialien

14. November 2001, Fulda

Veranstalter/Herausgeber:

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

in Zusammenarbeit mit

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

Gas- und Wasserversorgung Fulda GmbH
Gas- und Wasserversorgung Osthessen GmbH
Rangstraße 10
36043 Fulda

VERBAND
BERATENDER
INGENIEURE

GWV
Wasser. Erdgas. Ideen.

Diese Broschüre wurde auf chlorfreiem Papier gedruckt.

Heizen - Kühlen - Klimatisieren

mit Gas-Wärmepumpen und -Kälteanlagen

Fachtagung
14. November 2001, Fulda

Fachliche Leitung:
Dipl.-Ing. Klaus Moll,
Gas- und Wasserversorgung Fulda GmbH

Inhalt

Seite

Heizen, Kühlen und Klimatisieren mit Gas-Wärmepumpen und -Kälteanlagen
Dr.-Ing. Christian Hainbach, IKET, Essen 5

Kraft-, Wärme-, Kältekopplung Blockheizkraftwerk mit Absorptionskälteanlage im tegut-Logistikzentrum in Fulda
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Pfeiffenberger, Ingenieurgesellschaft Pfeiffenberger mbH, Neu-Isenburg 23

Gas-Wärmepumpen - Absorber
Einsatz im Ein- und Zweifamilienhaus
Dipl.-Ing. Dieter Lotz, Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar 35

Gas-Wärmepumpen - Gasmotor
Einsatz in Hotels und Einkaufszentren
Dipl.-Ing. Walter Schindler, Climaveneta Deutschland GmbH, Norderstedt 45

Einsatz in der Nahwärmeversorgung
(Exkurs: direktbefeuerte Absorber)
Dipl.-Ing. Horst Jacobowsky, York International GmbH, Mannheim 57

Gas-Kälteanlagen - Absorber
Einsatz im Kommunikationszentrum Fulda
(Exkurs: Neues Produktangebot direktbefeuerte Absorber)
Dipl.-Ing. Thomas Sippel, Ges. für GasKlima mbH, Maintal 71

Autorenverzeichnis 81

Heizen, Kühlen und Klimatisieren mit Gas-Wärmepumpen und -Kälteanlagen

Dr.-Ing. Christian Hainbach, IKET GmbH, Essen

1 Einleitung

Der Anstieg an Klimatisierungs- und Kältebedarf im industriellen als auch im privaten Bereich erfordert umweltverträgliche Wärme- und Kälteerzeugungs-Verfahren anzuwenden. Unter Berücksichtigung einer Einsparung von Primärenergie können erdgasbetriebene Kälte- und Wärmepumpenanlagen nach dem Kompressions- und Absorptionsprozess eine umweltverträgliche Alternative mit ökologischen und ökonomischen Vorteile bieten.

In diesem Vortrag werden neben den thermodynamischen Grundlagen zur Bewertung der einzelnen Erzeugungsanlagen ebenfalls die grundlegende Funktionsweise von direkt mit Erdgas angetriebenen Kälteanlagen und Wärmepumpen vorgestellt.

2 Energie, Exergie und Anergie

Die Energie lässt sich u.a. nach dem Kriterium der Wertigkeit unterscheiden. Diese Wertigkeit wird besonders in ihrer Umwandelbarkeit deutlich. Während elektrische Energie beliebig in eine andere Energieform, z.B. mechanische Energie umgewandelt werden kann, lässt sich die thermische Energie nicht vollständig in elektrische Energie umwandeln. Je höher der Temperaturabstand der thermischen Energie vom Umgebungsniveau ist, um so höher ist der Anteil der Umwandelbarkeit in elektrische Energie. Um den Anteil der unbeschränkt umwandelbaren Energie erfassen zu können, wird der unbeschränkt umwandelbare Anteil der thermischen Energie in Exergie und der nicht umwandelbare Anteil in Anergie aufgeteilt.

Traditionelle Heizungsanlagen verwenden zur Beheizung eines Wohngebäudes als Wärmequelle Energieträger mit höchstem energetischen Niveau, d.h. reiner Exergie in Form von z.B. fossilen Energieträgern oder elektrischer Energie, die wiederum durch fossiler, chemischer oder nuklearer Energie gewonnen wird. Diese Arbeitsfähigkeit des Energieträgers, die Exergie, wird bei der irreversiblen Umwandlung der Energie in Wärme zum Heizen zum großen Teil vernichtet.

Das nachfolgende Beispiel verdeutlicht die o.g. Problematik:

Bei einer Umgebungstemperatur von –10 °C und einer Vorlauftemperatur des Heizungssystems von 50 °C beträgt der Exergieanteil an der benötigten Wärmeenergie nur

$$\left(1 - \frac{T_U}{T}\right) \cdot 100 \approx 18{,}6\ \%$$

In diesem Fall besteht die benötigte Energie zum Heizen aus 18,6 % Exergie und 81,4 % Anergie **(Bild 1)**.

Der größte Teil der zum Heizen benötigten Energie ist Anergie und kann aus der Umgebung oder anderen niedrig temperierten Abwärmeströmen entnommen werden. Dieses ist jedoch nur mittels Anwendung von thermodynamischen Kreisprozessen, z.B. Wärmepumpen möglich, die je nach Bauart den benötigten Mix aus Exergie und Anergie (Umweltwärme) bereitstellen.

Im Bereich der Kältetechnik ist die o.g. Betrachtungsweise gleichermaßen gültig. „Kälte" ist thermodynamisch gesehen als Wärme auf tiefen Temperaturniveau definiert. Der Temperaturabstand zwischen gekühltem Produkt und Umgebung ist ebenfalls das Maß für die Anteile Exergie und Anergie **(Bild 2)**.

Die Kälteerzeugung wird grundsätzlich mittels thermodynamischer Kreisprozesse betrieben. Hierbei ist jedoch die erforderliche Antriebsenergie (mechanische Energie ≈ 100 % Exergie) als wesentliche Bezugsgröße zu berücksichtigen. Günstige exergetische Gütegrade können sich bei Einsatz von gasbetriebenen Kälteanlagen ergeben, die auf eine Umwandlung von Primärenergie auf elektrische Energie zur Bereitstellung von mechanischer Energie (z.B. Elektromotor) verzichten. Insbesondere wird dabei auf die zusätzliche Nutzung der Abwärmeströme der Antriebe zu Heizzwecken hingewiesen.

3 Thermodynamische Kreisprozesse

Thermodynamische Kreisprozesse lassen sich nach ihrem Durchlaufsinn in zwei Gruppen einteilen. In der linken Bildhälfte **(Bild 3)** ist ein Kreisprozess zu erkennen, der im Uhrzeigersinn durchlaufen wird. Dabei wird bei hohem Temperaturniveau T Wärme zugeführt und bei niedriegem Temperaturniveau T_0 Wärme abgeführt. Zudem gibt ein solcher Kreisprozess Arbeit ab. Da Wärme – sofern sie nicht wie oben erwähnt auf dem Temperaturniveau der Umgebung auftritt – aus Exergie und Anergie besteht, während Arbeit immer reine Exergie ist, ist ein Kreisprozess der hier beschriebenen Art ein „Prozess zur Exergieseparation". Dieser Prozess wird zum Beispiel im Kraftwerk und bei Antriebsmaschinen (Diesel- und Otto-Prozess) verwendet.

Bei einem Prozess, der gegen den Uhrzeigersinn verläuft (siehe **Bild 3** rechts), wird Wärme bei tiefem Temperaturniveau abgegeben. Außerdem wird diesem Prozess die Arbeit L zugeführt. Hier wird deutlich, dass die Arbeit, die wie erwähnt aus reiner Exergie besteht, mit der Wärme Q_{zu} „vermischt" wird und damit eine Wärme Q_{ab} liefert, die einen höheren Exergiegehalt aufweist als die Wärmemenge Q_{zu}. Ein solcher Prozess kann daher als „Exergiebeimischprozess" bezeichnet werden.

Als Bewertungsmaß für Kreisprozesse lässt sich immer das Verhältnis Nutzen zu Aufwand angeben. Für den „Separationsprozess" ist das geeignete Bewertungsmaß der so genannte thermische Wirkungsgrad als Verhältnis der abgegebenen Arbeit zur aufgenommenen Wärme:

$$\eta_{th} = \frac{L_{ab}}{Q_{zu}}.$$

Bei einem Mischprozess ist die Bewertungsgröße wieder das Verhältnis von Nutzen (abgegebene Wärmeleistung) zu Aufwand (aufgenommene Antriebsleistung):

$$\varepsilon_{WP} = \frac{Q_{ab}}{L_{zu}}.$$

Diese Größe wird als Leistungszahl der Wärmepumpe bezeichnet. Sie ist größer als 1, da der Zähler die Summe der zugeführten Arbeit L und der zugeführten Wärme Q_{zu} darstellt.

4 Wärmepumpen

Grundsätzlich ist Wärme eine Prozessgröße, die bei dem Energietransfer von einem hohen auf ein niedrigeres Temperaturniveau auftritt. Es besteht somit immer ein Temperaturgefälle vom wärmeabgebenden zum wärmeaufnehmenden Medium. Durch den Einsatz von Wärmepumpen ist es jedoch möglich, Wärme von einem niedrigen auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen. Dies erfordert jedoch den Einsatz von hochwertiger Energie, wie z.B die Antriebsenergie für einen Kompressor.

Das zugrunde liegende Prinzip einer Wärmepumpe lässt sich am leichtesten durch ein hydraulisches Analogiemodell veranschaulichen **(Bild 4)**. Bei dem Wasserniveau eines Sees von h = 0 m soll in einem geringen Bereich ein Wasserniveau von h = 10 m aufrecht gehalten werden. Hierzu müssen die unvermeidbar an den Spundwänden zur Abtrennung des Bereichs auftretenden Leckverluste durch die kontinuierliche Zufuhr von Wasser ausgeglichen werden. Steht zu diesem Zweck ein Wasserreservoir mit einer Höhe von h = 1000 m zur Verfügung, so können die Leckverluste am einfachsten durch die direkte Zufuhr von Wasser aus dem höher gelegenen Reservoir ausgeglichen werden. Jedoch würde hierbei die Arbeitsfähigkeit des Wassers auf dem hohen Niveau ungenutzt bleiben, sodass diese Lösung nicht das energetische Optimum darstellt.

Als wesentlich bessere Lösung bietet sich die Nutzung der Höhendifferenz zwischen hohem und mittleren Niveau in einer Turbine zum Antrieb einer Pumpe, die wiederum Wasser von dem Seeniveau von h = 0 m auf die Höhe von h = 10 m pumpt. Auf diesem Weg werden nur ca. 20 % des Wassers aus dem hohen Reservoir auf h = 1000 m gegenüber der Methode des rei-

nen Nachströmens von dem hohen Niveau benötigt. Der verbleibende größere Anteil an den Leckverlusten wird durch das hochgepumpte Wasser aufgebracht.

In thermischer Analogie zu diesem Modell lässt sich der Heizbedarf durch den direkten Einsatz wertvoller Primärenergie aufbringen. Jedoch lässt sich analog zum hydraulischen Modell mit der Primärenergie ein Kreislauf antreiben, der Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau aufnimmt und auf einem höheren Temperaturniveau wieder abgibt. Ein Gerät, das eine solche Temperaturanhebung bewirkt und deren Nutzen in dem abgegebenen Wärmestrom liegt, wird als Wärmepumpe bezeichnet. Das niedrigste Wasserniveau entspricht der Wärmequellentemperatur, das mittlere Wasserniveau der Nutz- bzw. Raumtemperatur und das höchste Wasserniveau der eingesetzten Primärenergie.

Aus dem hydraulischen Analogiemodell ist weiterhin ersichtlich, dass mit steigendem Höhenunterschied zwischen dem See und dem abgesperrten Bereich ein Anstieg des Wasserbedarfs aus dem höhergelegenen Reservoir zum Antrieb der Turbine erforderlich wird. Ähnliche Bedingungen liegen bei Wärmepumpen vor, da mit steigendem Temperaturabstand zwischen Wärmequelle und Nutztemperaturniveau der Anteil an zuzuführender Antriebsenergie steigt.

Zur Realisierung dieser Wärmepumpenkreisläufe stehen eine Reihe unterschiedlicher Verfahren zur Verfügung. Im Folgenden sollen Kompressions- und Absorptionswärmepumpen beschrieben werden.

4.1 Kompressionswärmepumpe

Kennzeichnend für jeden Wärmepumpenprozess ist, dass über den Aufbau eines Druckunterschiedes der Temperaturabstand zwischen Wärmequelle und -senke überwunden wird. Dieser Druckunterschied kann beispielsweise über eine mechanische Kompression aufgeprägt werden. Der in dem folgenden Schaltschema dargestellte, so genannte Kaltdampfkompressionsprozess **(Bild 5)** ist einer der verbreitesten nach diesem Prinzip arbeitenden Prozesse.

Ein in dem geschlossenen Kreislauf geführtes Arbeitsmittel, das in dem erforderlichen Temperaturbereich durch entsprechend günstige Stoffeigenschaften gekennzeichnet sein muss, nimmt durch Verdampfen bei geringem Druck- und Temperaturniveau (p_0, T_0) den Wärmestrom $\dot{Q}_{zu}$ auf. Der freigesetzte Dampf wird dem Verdichter zugeführt und unter Zufuhr der Antriebsleistung P auf hohen Druck p komprimiert. In dem Verflüssiger wird das Arbeitsmittel auf hohem Druck- und Temperaturniveau (p, T) kondensiert, wobei der nutzbare Wärmestrom $\dot{Q}_{ab}$ den Wärmestrom $\dot{Q}_{zu}$ um die Antriebsleistung des Verdicht-

ers übersteigt. Geschlossen wird der Kreislauf durch ein Drosselorgan, in dem das flüssige Arbeitsmittel wiederum auf das niedrige Druckniveau im Verdampfer entspannt wird. Die in den einzelnen Schritten dieses linksläufigen sog. Arbeitsprozesses auftretenden Zustandsänderungen werden in einem lg p, h-Diagramm dargestellt.

Eine energetische Bewertung dieser Verfahren erfolgt üblicherweise über das Verhältnis von Nutzen, der aus einem Prozess gezogen werden kann, und Aufwand, der hierfür erforderlich wird. Für Kompressionswärmepumpen wird dieser Quotient als Leistungszahl ε_{WP} bezeichnet, wobei der Nutzen in dem Heizwärmestrom $\dot{Q}_{ab}$ und der Aufwand in der Antriebsleistung für den Verdichter besteht. Entsprechend dieser Definition ergibt sich der folgende Zusammenhang:

$$\varepsilon_{WP} = \frac{\dot{Q}_{ab}}{P} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_4}$$

4.2 Gasmotor-Wärmepumpe

Bei der Gasmotor-Wärmepumpe sind die beiden Kreisprozesse gekoppelt. Dabei wird die Wärmeabgabe des Wärmepumpenkreislaufs mit der Wärmeabgabe des Motorenkreisprozesses gemeinsam genutzt **(Bild 6)**. Die Abwärme des Antriebsprozesses wird dabei an zwei Stellen, nämlich im Kühlwasser des Motors und im Abgas freigesetzt.

Damit sind drei Temperaturniveaus vorhanden, die bei Bedarf auch unterschiedlich genutzt werden können:

Sensible Wärme im Abgas	400 °C ➜ 100 °C (Dieselmotor)
	600 °C ➜ 100 °C (Ottomotor)
Kühlwasserwärme bei	ca. 90 °C
Kondensatorwärme bei	40 °C bis 50 °C

Die Gesamtwärmeabgabe des Wärmepumpensystems im Vergleich zum Primärenergieaufwand lässt sich wie folgt angeben:

$$\beta = \eta_M \cdot \varepsilon_{WP} + \eta_g \cdot (l - \eta_M)$$

dabei ist η_M der Motorwirkungsgrad

ε_{WP} die Leistungszahl der Wärmepumpen

η_g der Rückgewinnungsgütegrad

4.3 Absorptionswärmepumpe

Ein Problem bei dem Einsatz von Kaltdampf-Kompressionswärmepumpen besteht in dem großen Aufwand an Antriebsenergie, der durch die Verdichtung des Arbeitsmittels in der Gasphase erforderlich wird. Wird hingegen ein gleichgroßer Druckunterschied in der flüssigen Phase überwunden, so ist dies mit weitaus geringerem Aufwand an massenbezogener Antriebsenergie möglich. Dieser physikalische Effekt wird bei den sog. Absorptionswärmepumpen, deren Anlagenschema in **Bild 7** dargestellt ist, gezielt genutzt.

Um die erforderliche Druckerhöhung in der flüssigen Phase vornehmen zu können, muß das Gas nach der Verdampfung zunächst ohne Wärmeabgabe wieder in die flüssige Phase überführt werden. Dies kann durch die Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels erfolgen, wobei der Dampfdruck des Arbeitsmittels bei gleicher Temperatur geringer als der Dampfdruck der reinen Komponente ist, sodass Arbeitsmittel von der Lösung absorbiert wird. Da diese Absorption auf einem Temperaturniveau, das deutlich über dem des Verdampfers liegt, erfolgen kann, besteht die Möglichkeit zur Nutzung des im Absorber freigesetzten und abzuführenden Wärmestroms $\dot{Q}_{Ab}$ zu Heizzwecken.

Die mit dem Arbeitmittel angereicherte sog. reiche Lösung im Absorber wird über eine Lösungsmittelpumpe durch die Leistungszufuhr P auf den höheren Druck p gebracht und dem Austreiber zugeführt. Unter Zufuhr des Heizwärmestroms $\dot{Q}_H$ auf hohem Temperaturniveau wird ein Teil des Arbeitsmittels wiederum aus der sog. reichen Lösung ausgetrieben. Die verbleibende sog. arme Lösung mit geringer Arbeitsmittelkonzentration wird über eine Drossel auf das untere Druckniveau p_0 entspannt und dem Absorber zur erneuten Aufnahme des dampfförmigen Arbeitsmittels zugeführt, sodass der Lösungskreislauf des so genannten „thermischen“ Vedichters geschlossen ist.

Der im Austreiber freigesetzte Arbeitsmitteldampf auf hohem Druckniveau wird im Verflüssiger auf hohem Temperaturniveau kondensiert, wobei der Nutzwärmestrom $\dot{Q}_{ab}$ abgeführt werden kann. Der Arbeitsmittelkreislauf wird über ein Drosselorgan, in dem das Arbeitsmittelkondensat auf das untere Druckniveau entspannt wird, geschlossen. In dem Verdampfer erfolgt die Aufnahme des Wärmestroms $\dot{Q}_{zu}$ zur Überführung des Arbeitsmittels in die dampfförmige Phase.

Wie bereits bei den Kompressionswärmepumpen bestimmen auch hier die Stoffeigenschaften von Lösungs- und Arbeitsmittel die Betriebseigenschaften. Ein gängiges und häufig verwendetes Arbeitsstoffpaar in ausgeführten Anlagen ist Ammoniak als Arbeitsmittel und Wasser als Lösungsmittel, wobei Alternativen mit dem Inertgas Helium im Lösungsmittelkreislauf bestehen. Als weiteres nutzbares Stoffpaar besteht in Wasser als Arbeitsmittel und Lithiumbromid als Lösungsmittel.

Das Absorptionssystem verbindet zwei Kreisprozesse mit unterschiedlichem Drehsinn **(Bild 8)**.

Die Bewertung der Absorptions-Wärmepumpenprozesse erfolgt üblicherweise nicht über die bei Kompressions-Wärmepumpen übliche Leistungszahl, sondern über das Wärmeverhältnis von Nutz- und Heizwärmestrom, welcher dem Austreiber zugeführt werden muss. Diese Vorgehensweise ist für die Bewertung von Absorptions-Prozessen besser geeignet, da hier die Hauptzufuhr an hochwertiger Energie über den Heizwärmestrom am Austreiber erfolgt.

$$\zeta_{WP} = \frac{\dot{Q}_{ab} + \dot{Q}_{Ab.}}{\dot{Q}_H}$$

Der zusätzlich erforderliche Energieaufwand für den Antrieb der Lösungsmittelpumpe ist im Regelfall vergleichsweise gering, jedoch bei einer gesamtenergetischen Betrachtung des Prozesses nicht vernachlässigbar.

Eine neutrale Bewertung der Absorptionsprozesse aus primärenergetischer Sicht ist gegeben, wenn der zur Bereitstellung der Lösungspumpenarbeit notwendige Wärmestrom mit in die Bewertungsgröße einfließt. Da bei der Erzeugung von elektrischer Antriebsleistung in einem Wärmekraftprozess nur etwa ein Drittel der eingesetzten Wärme als Antriebsleistung nutzbar ist und die Lösungspumpen z. Zt. fast ausschließlich elektrisch angetrieben werden, muss bei dem Wärmeverhältnis beim Aufwand die dreifache Antriebsleistung mit berücksichtigt werden.

$$\zeta_{WP} = \frac{\dot{Q}_{ab} + \dot{Q}_{Ab.}}{\dot{Q}_H + 3 \cdot P}$$

5 Vergleich der verschiedenen Wärmebereitstellungsysteme

Versucht man nun, die verschiedenen Heizungssysteme energetisch miteinander zu vergleichen, so zeigt sich dabei, dass bei gleicher Heizenergie starke Abweichungen im Primärenergiebedarf des jeweiligen Heizungssystem auftreten. Die jeweilige Darstellungsmethode ist in den folgenden Bildern 9, 10, und 11 angegeben. Die Wirkungsgrade stellen dabei typische Werte dar, können jedoch nach oben und unten abweichen. Dasselbe gilt für die angenommenen Leistungszahlen bzw. Wärmeverhältnisse der Wärmepumpen. Vergleicht man die Primärenergieaufwendungen bei der elektrischen Widerstandsheizung mit 313 %, bei der Ölheizung mit 141 % und bei der Gasheizung mit 134 %, so wird deutlich, dass die Wärmepumpe diesbezüglich eine Einsparung bringen kann. Elektromotorische Wärmepumpen benötigen noch 104 % der Heizenergie als Primärenergie für das gesamte System, während gasmotorische Wärmepumpen bereits mit 75 % Primärenergie bei 100 % Heizenergie auskommen. Bei den hier angenommenen Werten liefert eine Absorptionswärmepumpe einen Primärenergiebedarf zwischen 78 und 89 %

der Heizenergie. Alle diese Werte können als Anhaltspunkte gelten. Sie zeigen jedoch deutlich, dass es sich energiewirtschaftlich lohnt, die Entwicklung der gasmotorischen Wärmepumpen und der Absorptionswärmepumpen weiter voranzutreiben.

6 Kälteanlagen

Zur Kälteerzeugung werden traditionell linksläufige thermodynamische Kreisprozesse eingesetzt. Die Funktionsweise ist die der Wärmepumpen gleich, wobei primär hier nicht der Wärmestrom am Verflüssiger (Wärmeabgabe) genutzt wird, sondern der Wärmestrom am Verdampfer (Wärmeaufnahme). Wird dieser Wärmestrom auf tiefes Temperaturniveau (unterhalb Umgebungstemperatur) übertragen, so spricht man von Kälteerzeugung.

Je nach Anwendungsbereich unterscheidet man in der Kältetechnik im Wesentlichen nach drei Temperaturbereichen:

– Klimakühlung bis 0 °C

– Normalkühlung 0 °C bis –15 °C

– Tiefkühlung kleiner –15 °C

6.1 Gas-Kompressionskälteanlage

Die Funktionsweise ist der Gas-Kompressionswärmepumpe zu entnehmen, wobei hier der Nutzen im Verdampfer zu sehen ist.

$$\varepsilon_{KA} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\dot{Q}_0}{P}$$

Der Einsatz solcher Anlagen ist äußerst selten, da aus energetischer Sicht der Betrieb nur empfehlenswert ist, wenn der Nutzer zum einen sehr tiefe Verdampfungstemperaturen benötigt und in Kombination mit Heizen den Abgas-Wärmestrom nutzen kann. Grundsätzlich bietet sich im Temperaturbereich der Klimatisierung die Absorptionskälteanlage an.

6.2 Absorptionskälteanlagen

Absorptionskälteanlagen erfüllen die gleiche Aufgabe wie z.B. Kompressionskältemaschinen, begnügen sich jedoch mit einer deutlich umweltverträglicheren Antriebsenergie. Je nach Antriebsenergie unterscheidet man zwischen direkt befeuerten (gasbetriebenen) und durch Abwärme, Fernwärme etc. betriebenen Absorptionskälteanlagen.

Die Funktionsweise ist der Absorptionswärmepumpe gleich, wobei hier der Wärmestrom am Verdampfer genutzt wird. Im Bereich der Klimatisierung geht es ausschließlich um die Erzeugung von Kaltwasser mit einer minimalen Vorlauftemperatur von 6 °C. Die Konstruktion der Kompaktaggregate ist total auf diesen Bedarf ausgerichtet. Es gibt nur Varianten bezüglich der Beheizungsart mit Dampf oder Heißwasser, sowie direkt befeuerte Versionen.

Ammoniak-Wasser-Systeme können diesen Bedarfsfall grundsätzlich auch abdecken, sind jedoch von der Anlagenbauart her in der Investition teurer. Sie dringen erst dann vor, wenn die Klimatechnik mit Eiswasser und Eisspeicherung arbeitet, was zukünftig verstärkt zu erwarten ist.

Die Absorptionskälteanlagen werden besonders im Hinblick auf Kraft-Wärme-Kälte-Nutzung verstärkt eingesetzt. Inwieweit nur bei ausschließlicher Nutzung der Kälteerzeugung und ohne Abwärmenutzung der Einsatz dieser Aggregate aus energetischer Sicht sinnvoll ist, ist nur durch eine Einzelfallbetrachtung zu bestimmen.

Leistungszahl el.Kompressionskälteanlage	Heizzahl Absorptionskälteanlage	Wirkungsgrad Kraftwerk
$\varepsilon_{KA} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\dot{Q}_0}{P_{el}}$,	$\zeta_{KA} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\dot{Q}_0}{P}$,	$\eta_{el} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{P}{P_{el}}$

somit gilt: $\zeta_{KA} >= \varepsilon_{KA} * \eta_{el}$

6.3 Anforderungen an das Kälteverteilsystem

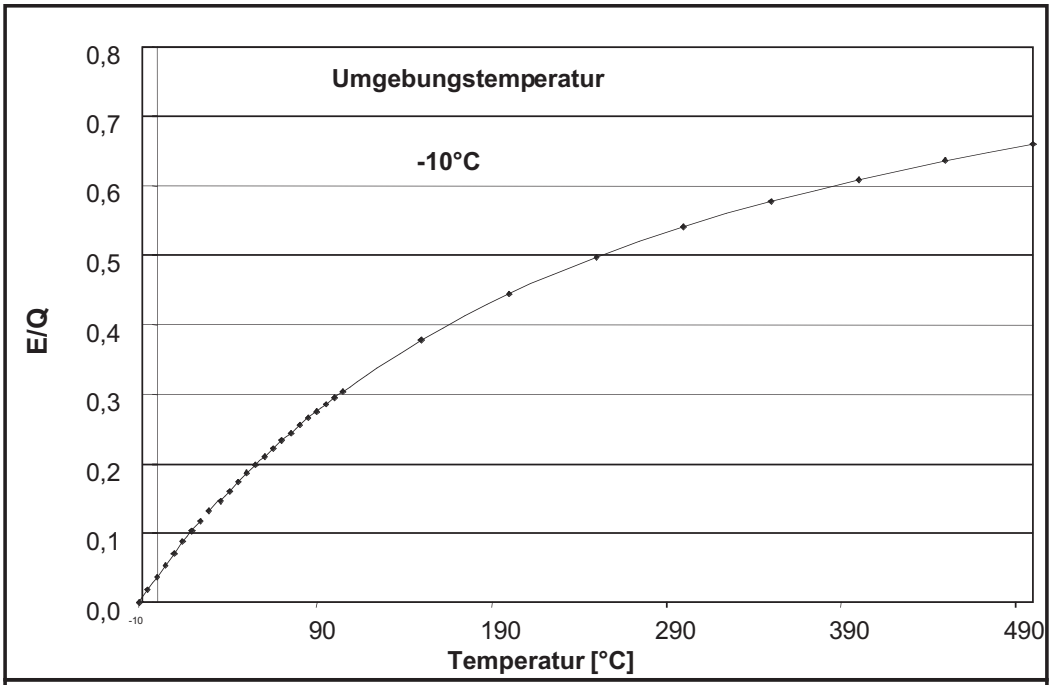
Im Allgemeinen wird bei der Klimatisierung ein Kälteverteilsystem zwischen der Kälteerzeugung und dem Kühler eingebunden. An die hydraulische Auslegung dieser Kälteverteilsysteme sind hohe Anforderungen zu stellen, da im Gegensatz zu Wärmeerzeugern (Kessel) die Kältemaschinen sehr empfindlich auf Temperatur- und Volumenstromschwankungen reagieren. Eine häufige Schadensursache an Kälteanlagen ist auf wechselnde Beanspruchungen des Verdampfers durch hydraulisch unsachgemäße Ausgestaltung des Kälteverteilnetzes zurückzuführen.

Im Gegensatz zur Wärmeerzeugung ist bei der Kühlung aus energetischen Überlegungen grundsätzlich die tiefste Auslegungstemperatur (Verdampfungstemperatur) zu beachten. Üblicherweise werden so genannte Kaltwassernetze mit einer Vor- und Rücklauftemperatur von 6 °C/12 °C ausgelegt. In vielen Fällen werden je nach Bauart der Klimaanlagen wesentlich höhere Vorlauftemperaturen erforderlich.

Inwieweit der energetischen Aufwand bei höheren Kaltwassertemperaturen sinkt, zeigt das **Bild 12**. Es ist erkennbar, dass z.B. bei einer Auslegung des

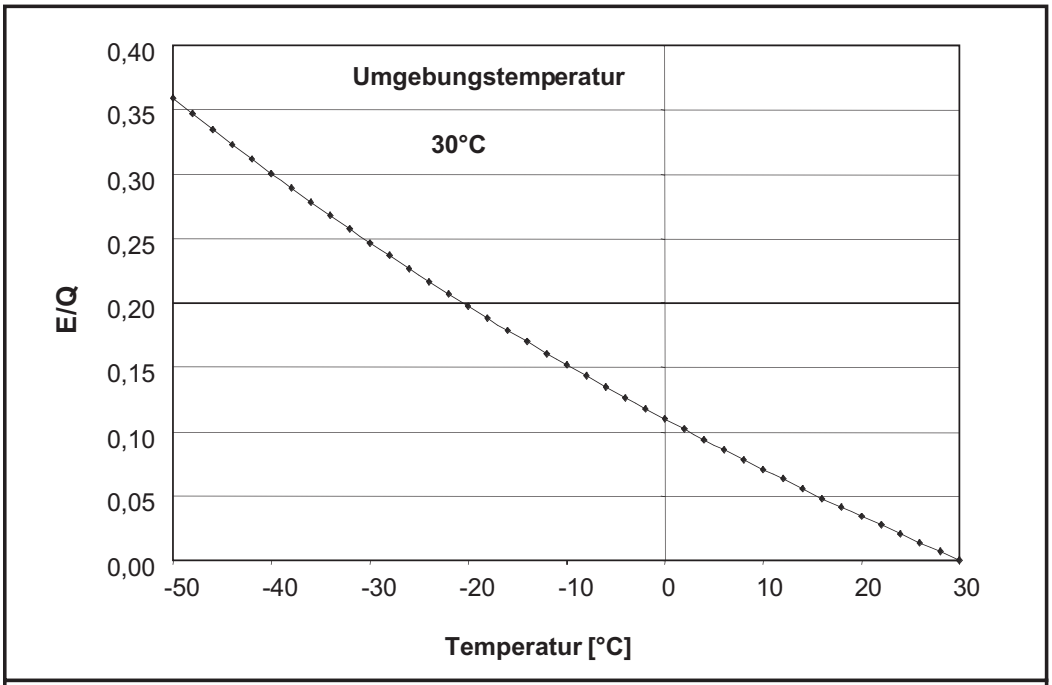
Kaltwassersatzes von 6 °C/12 °C und einer Nutzung bei 10°/15 °C durch Mischung (**siehe Bild 13**) die Leistungszahl um ca. 87 % sinkt. Weiterhin reduziert sich die Kälteleistung des Kaltwassersatzes mit sinkender Kaltwassertemperatur.

Auf Grund ökologischen und zum Teil ökonomischen Gesichtspunkten ist die Kälteanlage unter Berücksichtigung des Anwendungsbereiches und der erforderlichen Temperaturen detailliert zu planen, ein Zurückgreifen auf Standardlösungen ist zumindest energetisch sehr bedenklich.



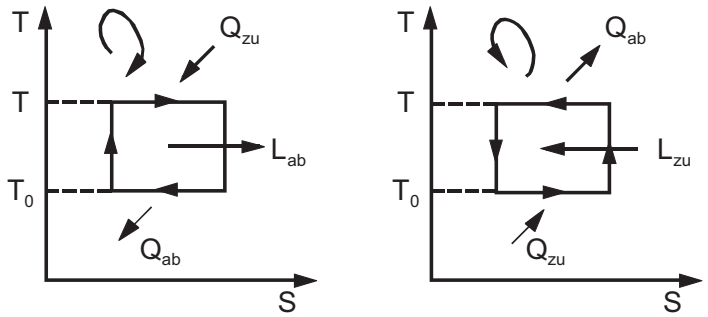
Zuzuführende Exergieströme
beim Heizen

Bild 1



Zuzuführende Exergieströme
beim Kühlen

Bild 2



Nutzen: L_{ab}

Aufwand: Q_{zu}

Nutzen: Q_{ab}

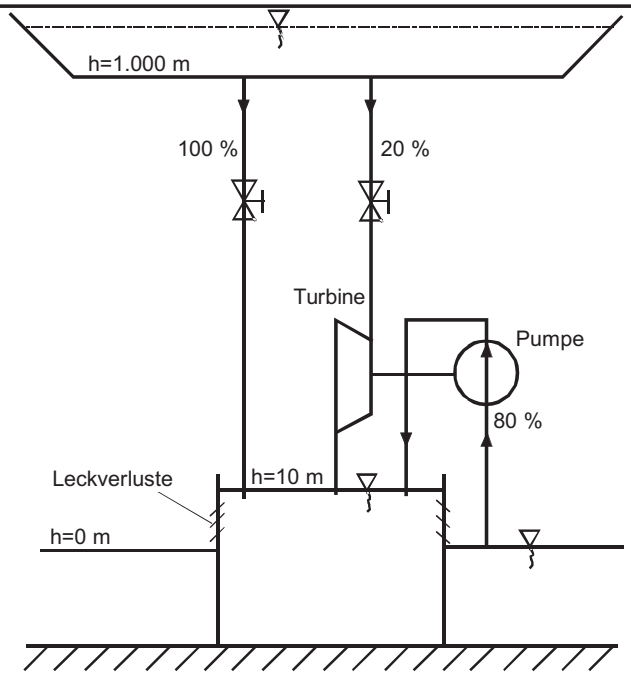
Aufwand: L_{zu}

Bewertungsmaß: $\frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$

$$\eta_{th} = \frac{L_{ab}}{Q_{zu}} \qquad \varepsilon_{WP} = \frac{Q_{ab}}{L_{zu}}$$

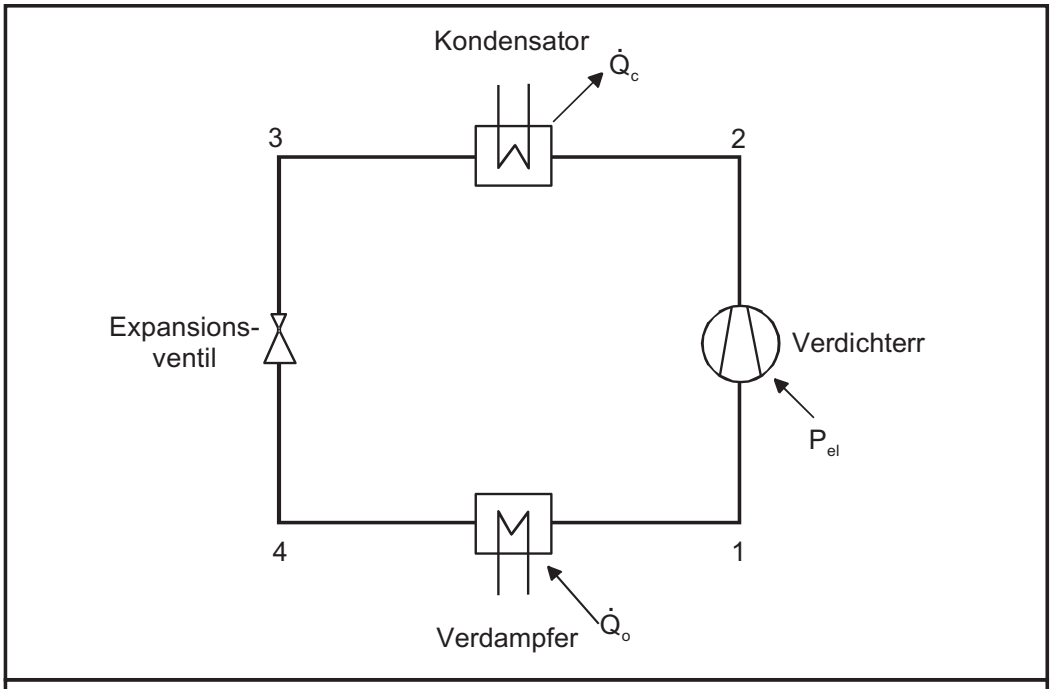
Kreisprozesse mit
unterschiedlicher Durchlaufrichtung

Bild 3



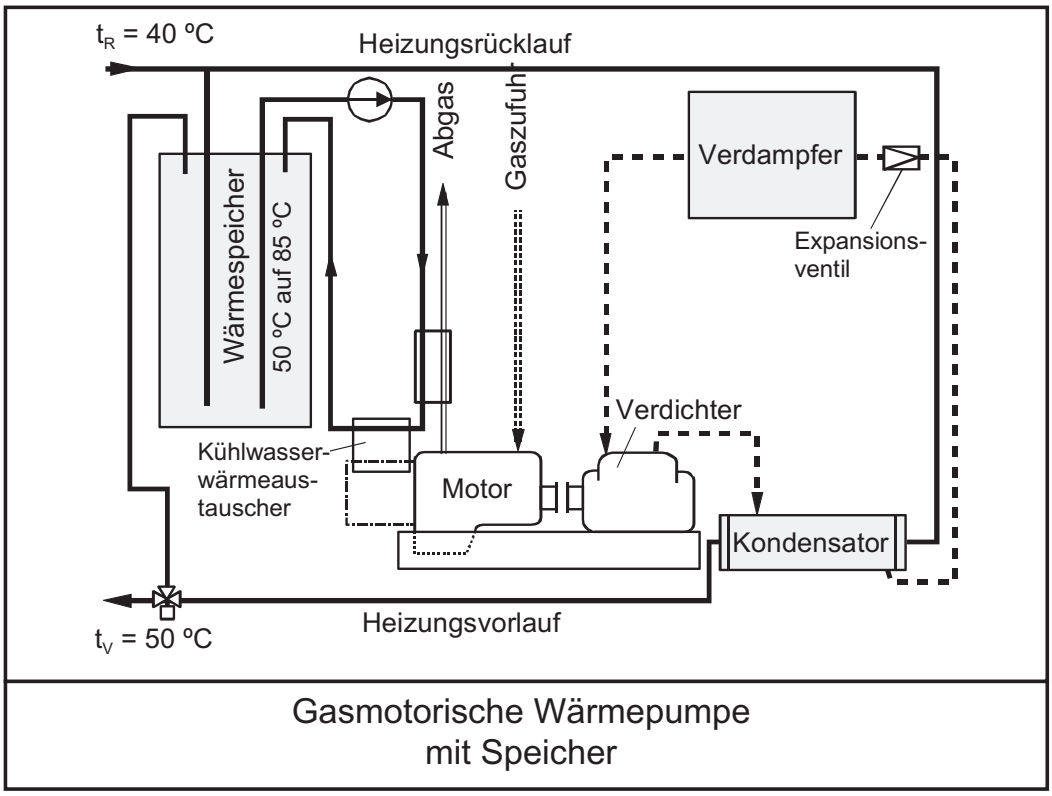
Hydraulische Analogie
zur Wärmepumpe

Bild 4



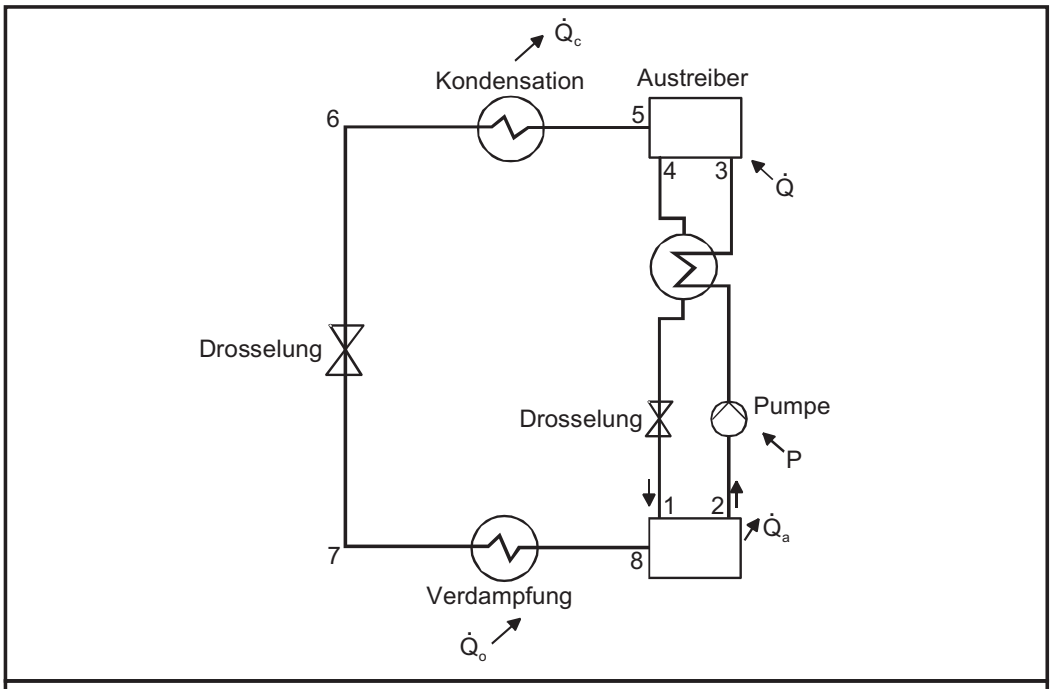
Schaltschema einer
Kaltdampf-Kompressionswärmepumpe

Bild 5



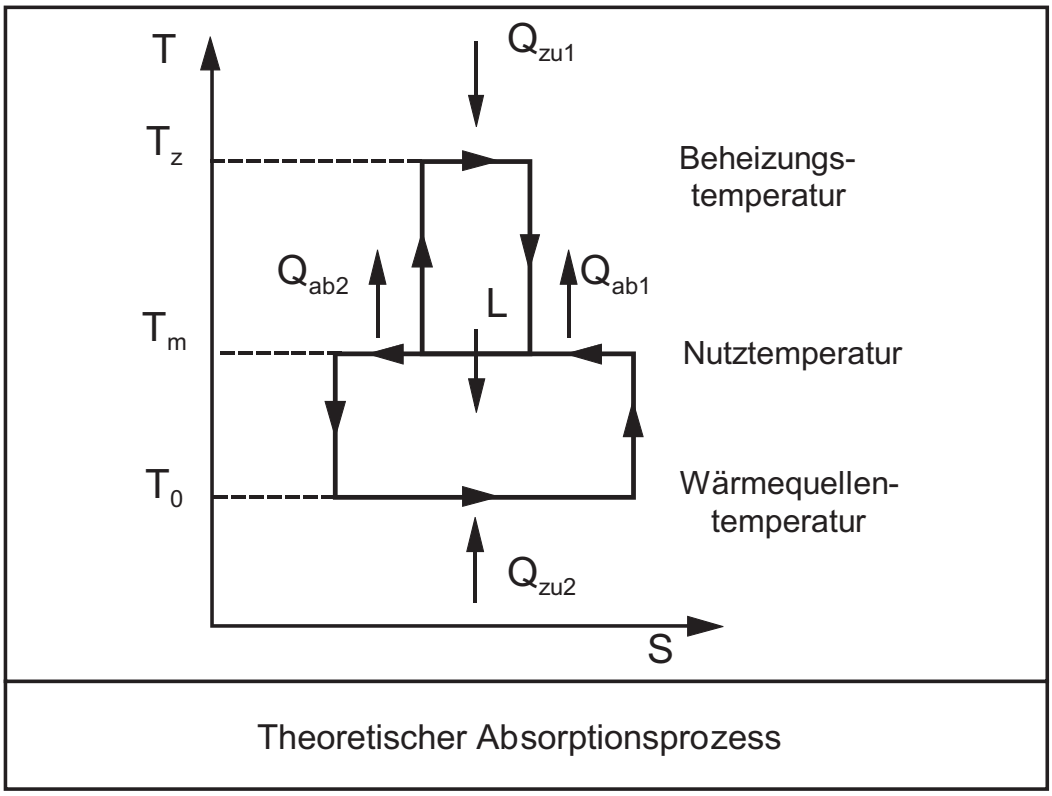
Gasmotorische Wärmepumpe
mit Speicher

Bild 6



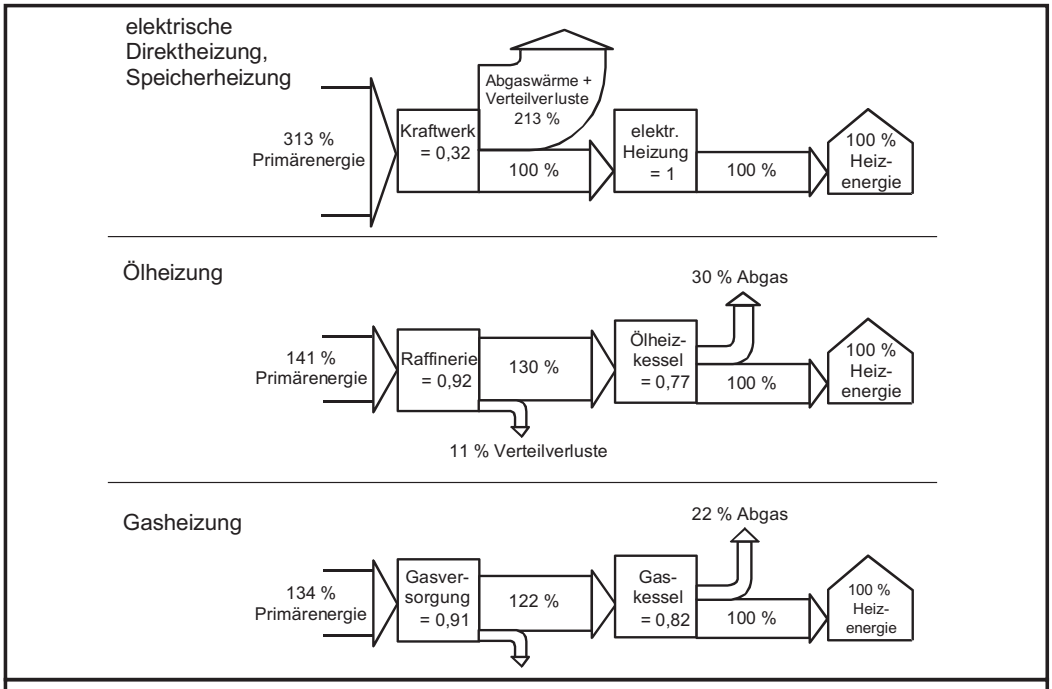
Absorptionswärmepumpe
Funktionsschema

Bild 7



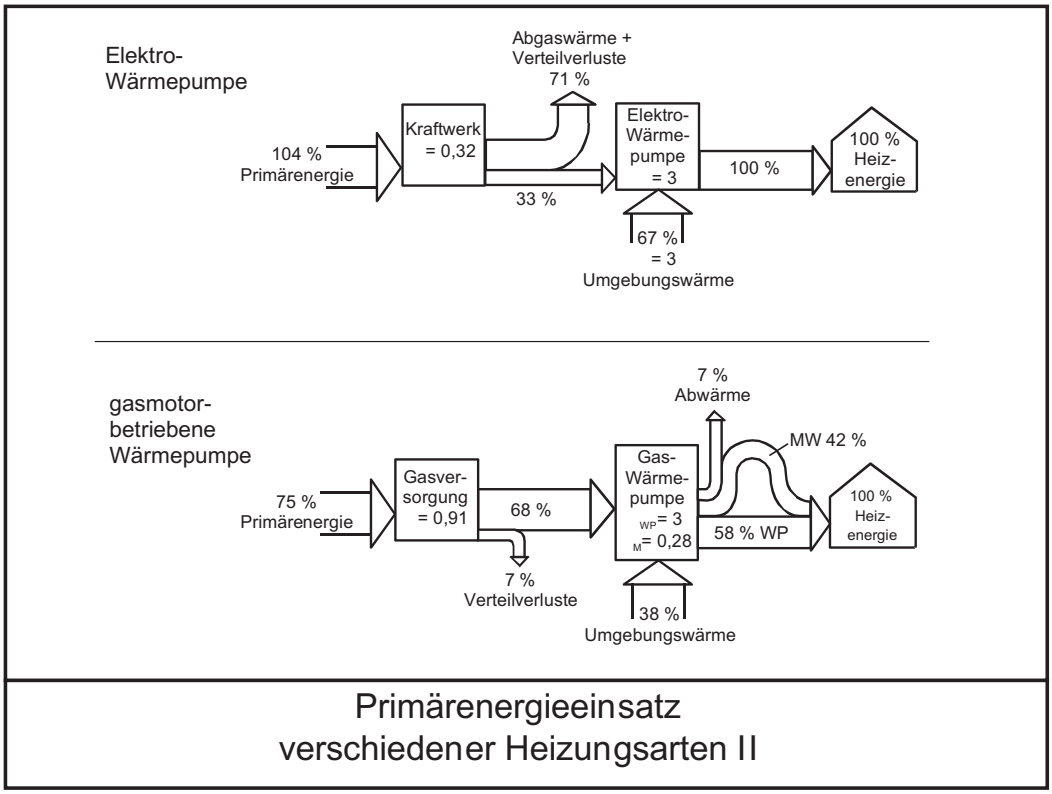
Theoretischer Absorptionsprozess

Bild 8



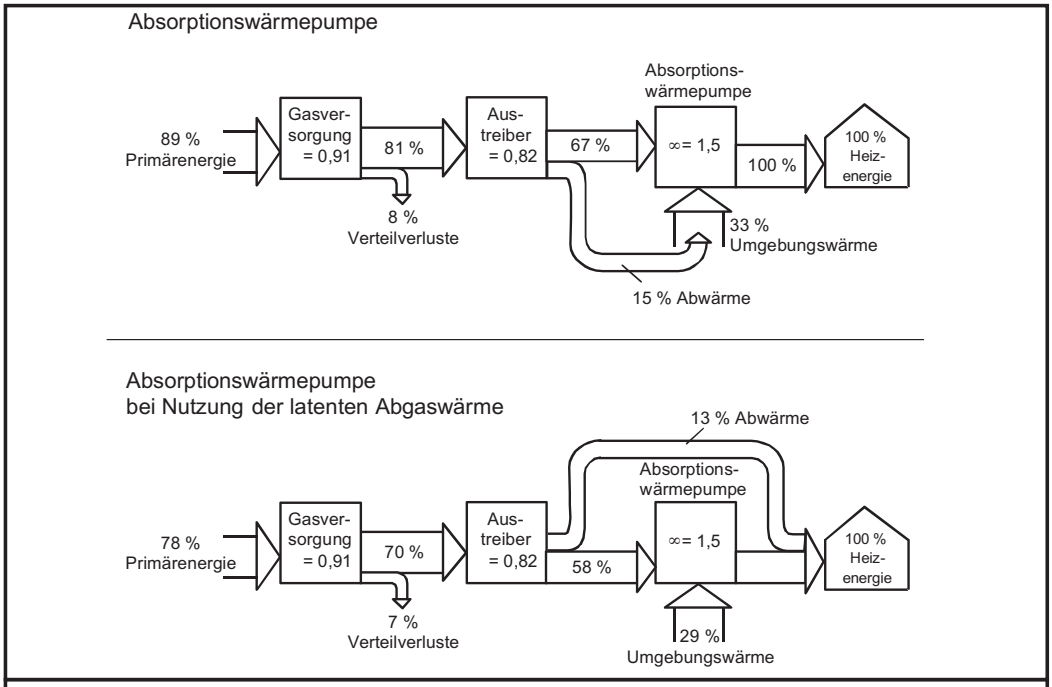
Primärenergieeinsatz
verschiedener Heizungsarten I

Bild 9



Primärenergieeinsatz
verschiedener Heizungsarten II

Bild 10



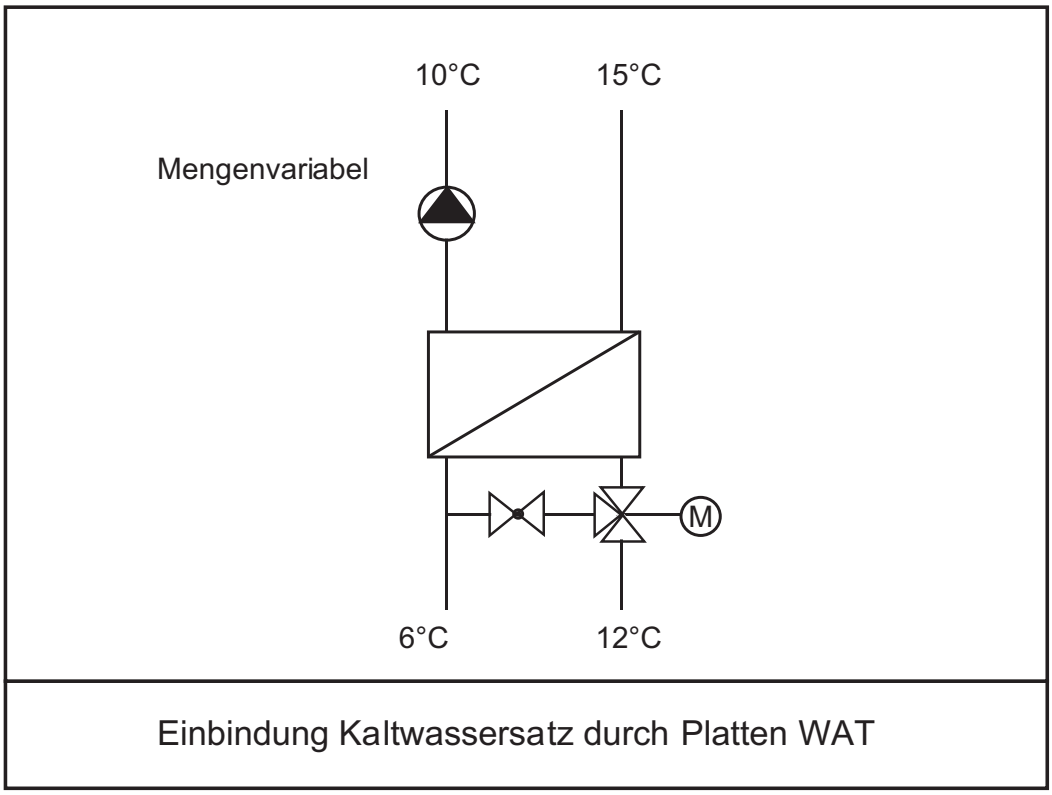
Primärenergieeinsatz
verschiedener Heizungsarten III

Bild 11

Kaltwasser-temperaturen Vorlauf/Rücklauf	Kälteleistung	elektrische Leistungsaufnahme	Leistungszahl	relative Leistungszahl
5°C/10°C	198 kW	42,5	4,6	1
6°C/12°C	208 kW	43,1	4,82	1,048
10°C/15°C	250 kW	45	5,55	1,21
15°C/20°C	298 kW	47	6,34	1,38

Energetische Kennwerte bei
unterschiedlichen Verdampfungstemperaturen

Bild 12



Einbindung Kaltwassersatz durch Platten WAT

Bild 13

Kraft-, Wärme- und Kältekopplung Blockheizkraftwerk mit Absorptionskälte-anlage im tegut-Logistikzentrum in Fulda

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Pfeiffenberger
Ingenieurgesellschaft Pfeiffenberger, Neu-Isenburg

1.0 Ausgangssituation

Am Hauptsitz der Lebensmittel-Einzelhandelskette tegut in Fulda befinden sich neben dem Hauptverwaltungsgebäude eine Reihe von Produktionsbetrieben sowie verschiedene Kühl-Lagerbereiche. Die Versorgung der einzelnen Nutzungsbereiche mit Wärme, Strom und Kälte erfolgt aus einer Energiezentrale auf dem Firmengelände. Im Jahre 1994 wurde die Energiezentrale um ein Blockheizkraftwerk mit Absorptionskältemaschine erweitert. Die vorliegende Untersuchung wurde mit der Zielsetzung durchgeführt, die Wirtschaftlichkeit des BHKW zu überprüfen sowie eine Bestandsaufnahme der technischen Einrichtungen vorzunehmen mit der Zielsetzung, den Betrieb zu optimieren und wenn möglich die Wirtschaftlichkeit weiter zu verbessern.

2.0 Anlagenaufbau

Die Anlage besteht aus 4 erdgasbetriebenen BHKW-Modulen mit Heiß-Kühlung. Jedes Aggregat hat eine elektrische Leistung von 470 kW. Die Maschinen sind mit einer Absorptionskältemaschine gekoppelt, die eine maximale Kälteleistung von 1.600 kW aufweist. Weitere Leistungsdaten sowie ein vereinfachtes Schaltschema sind in den beiliegenden Bildern enthalten.

Der größte Teil der Motor-Abwärme wird auf dem Temperaturniveau 110 °C den Verbrauchern zugeführt, diese Temperatur wird benötigt, um die Anforderungen bei der Fleischwarenproduktion zu erfüllen. Darüber hinaus ist die Vorlauftemperatur günstig für den Betrieb einer Absorptionskältemaschine.

Die Rückkühlung der Anlage erfolgt über Trocken-Rückkühler, die auf dem Dach der Energiezentrale untergebracht sind. Die sich dadurch ergebenden Rücklauftemperaturen sind für Absorptionskältemaschinen ungewöhnlich hoch, sodass die Abmessungen der Absorptionskältemschine ca. 50 % größer als bei einer Maschine gleicher Leistung und niedrigeren Rückkühlwerkstemperaturen sind.

3.0 Jahresenergiebilanz und Jahresenergiekosten

Die Anlage wird mit einer DDC-Leitzentrale überwacht, sämtliche Betriebsdaten werden in 15-minütigen Intervallen aufgezeichnet. Die Zählung der Ener-

gien erfolgt ebenfalls über die Leittechnik der Energiezentrale. Die Aufzeichnungen für die Jahre 1999 und 2000 dienten als Basis für die nachfolgenden Analysen.

Das beiliegende Energieflussbild zeigt die jährlich bezogenen Energiemengen sowie die vom BHKW in Nutzenergien umgewandelten Energieströme. Im linken Teil des Bildes sind die Energieflüsse beim Betrieb des Blockheizkraftwerkes dargestellt, im rechten Teil des Bildes wurden die sich ergebenden Energieflüsse bei Stilllegung des BHKW's dargestellt. Die beiden Varianten dienten als Grundlage für die Aussagen zur Wirtschaftlichkeit des Blockheizkraftwerkes. Die Bezugsmengen für Strom und Gas für den Betrieb mit und ohne BHKW sind in einem weiteren Balkendiagramm dargestellt.

Die so ermittelten jährlichen Energiemengen wurden in Jahresgesamtkosten umgerechnet. Hierzu wurden für jede Energieart Szenarien zugrundegelegt, die die voraussichtlichen Energiepreisentwicklungen vorwegnehmen wobei insbesondere die Besteuerung der unterschiedlichen Energieträger zu berücksichtigen waren. Für den Strombezug waren hierbei die Ökosteuer, die Abgaben gemäß Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sowie die Abgaben gemäß Energieeinspeisungsgesetz berücksichtigt. Für Erdgas ist die Erdgassteuer sowie die Ökosteuer zu berücksichtigen. Bei der Betrachtung der Bilder fällt auf, dass die Strompreise mit nahezu 50 % steuerlich beaufschlagt sind, während die entsprechenden Aufschläge auf den Erdgaspreis ca. 15 % betragen.

Die verschiedenen Szenarien sind in einem Balkendiagramm dargestellt. Man erkennt deutlich den Kostenvorteil der Lösung mit Blockheizkraftwerk. Je nach zugrundegelegtem Energiepreisszenario ergeben sich jährliche Kostenvorteile zwischen 538.000,00 DM und 1.021.000,00 DM/a.

4.0 CO_2-Bilanz

Über die CO_2-Bilanz mit und ohne BHKW wurde ein weiteres Diagramm erstellt, die Berechnungen erfolgten nach dem Standard GEMIS 3.0. Man erkennt, dass durch den Einsatz des BHKW's jährlich 2.400 t CO_2 eingespart werden.

5.0 Technische Analyse des Blockheizkraftwerkes mit Absorptionskälteanlage

Aus der Auswertung der Betriebsaufzeichnungen ergab sich, dass das Blockheizkraftwerk mit maximal 3 Modulen am stabilsten läuft. Bei dieser Betriebsweise verbleibt die Stromerzeugung auf dem jeweils größtmöglichen Niveau,

die Wärmeversorgung bzw. die Kühlung des Blockheizkraftwerkes arbeitet in Verbindung mit dem Pufferspeicher in relativ kleinen Schwankungsbereichen.

Anzumerken ist, dass das Blockheizkraftwerk zur Notstromversorgung eingesetzt wird. Diese Funktion ist in jedem Betriebsfall gewährleistet.

Die Analyse der Betriebsdaten für die Kälteerzeugung durch die Absorptionskältemaschine zeigte, dass die Kälteerzeugung mit starken Regelschwankungen behaftet war. Dies betraf sowohl die Kälte-Abnahmeseite sowie die Heizwärmeversorgung. Die maximal abgenommene Kälteleistung liegt bei 900 kW im Sommer und bei ca. 600 kW in der Übergangszeit. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Rückkühlwerkstemperaturen teilweise über den geplanten Werten lagen, da die Aufstellungssituation der Rückkühlwerke auf dem Flachdach im Sommer bei starkem Sonneneinfall zu sehr hohen Kühllufttemperaturen führte, sodass die projektierten Rückkühlwerkstemperaturen nicht mehr eingehalten werden konnten.

Insgesamt wurde im Bereich der Absorptionskälteanlage eine Optimierungsmöglichkeit gesehen.

Es wird empfohlen, eine neue Absorptionskältemaschine mit einer Kälteleistung von 900 kW einzubauen. Für diese Maschine soll ein neues Rückkühlwerk in Form eines Naßkühlturms eingesetzt werden. Hierbei verbessert sich der Wirkungsgrad der Absorptionskältemaschine um 20 %, dadurch ist bei gleichem Einsatz an Heizenergie 20 % mehr Kälteenergie erzeugbar. Eine Grobkostenschätzung ergab, dass zusätzliche Investitionskosten von ca. 470.000,00 DM jährliche Kostenvorteile von 97.000,00 DM gegenüberstehen. Bei dieser Betrachtung ist nicht berücksichtigt, dass aufgrund der wahrscheinlichen Energiepreisentwicklung höhere jährliche Einsparungen zu erzielen sind.

Des Weiteren wird empfohlen, zusätzliche Kälteverbraucher an die Anlage anzuschließen. Bei den Kälteverbrauchern besteht eine weitere Optimierungsmöglichkeit darin, dass die Hydraulik der Verbrauchskreisläufe so optimiert wird, dass die projektierte Rücklauftemperatur von 12 °C in keinem Betriebsfall unterschritten wird.

Bei der Untersuchung des Blockheizkraftwerkes wurde weiterhin festgestellt, dass aufgrund der Laufzeiten der Module Instandhaltungsinvestitionen erforderlich sind. Diese bestehen in einer Grundüberholung der BHKW-Module sowie in einer Erneuerung der Katalysatoren. Die Instandhaltungsinvestitionen wurden zunächst mit 850.000,00 DM beziffert, jedoch sind hier noch Kostenoptimierungen denkbar. Des Weiteren ist eine Verteilung der Maßnahmen auf mehrere Jahre möglich. Angesichts des vorgenannten Kostenvorteils des BHKW-Betriebes stellen diese Maßnahmen keine Beeinträchtigungen der Gesamt-Wirtschaftlichkeit dar.

6.0 Allgemeine Anmerkungen zum Einsatz von BHKW's

Die Betrachtung der Jahres-Energiekosten zeigt die erheblichen Kostenvorteile des Betriebes des Blockheizkraftwerkes. Darüber hinaus sind zusätzliche Gesichtspunkte für die endgültige Beurteilung anzuführen.

Aufgrund der Liberalisierung der Strommärkte werden Investitionen für die Technik der Stromverteilung weitestgehend unterbleiben. In der Folge wird sich die Versorgungssicherheit der elektrischen Energie reduzieren. Ein BHKW ist somit eine wichtige Voraussetzung zur Gewährleistung der Produktionsfähigkeit von Betrieben bei Ausfall des öffentlichen Netzes. Es ist hier darauf hinzuweisen, dass Banken seit mehreren Jahren verstärkt zusätzliche Notstromaggregate zur Gewährleistung der Arbeitsfähigkeit bei Ausfall der öffentlichen Stromversorgung installiert haben.

Die Existenz eines BHKW stellt einen elementar wichtigen Beitrag zur Gewinnung günstiger Strompreise bzw. zur Abwehr höherer Strompreise dar. Das Vorhandensein eines BHKW's eröffnet zusätzliche Möglichkeiten der Vertragsgestaltung mit Stromversorgungsunternehmen. Blockheizkraftwerke werden zukünftig weniger zur Grundlastabdeckung als vielmehr zum Ausgleich von Tarifschwankungen bzw. zur Vermeidung von Hochtarif-Versorgungszuständen eingesetzt.

Nach wie vor bieten Blockheizkraftwerke hohe Primärenergie-Ausnutzungsraten und leisten aufgrund des umweltfreundlichen Brennstoffes Erdgas einen hohen Beitrag zur Luftreinhaltung und zur Reduzierung des Treibhauseffektes.

Die gleichzeitige Nutzung der Abwärme des BHKW's zu Heiz- und Kühlzwecken ist energetisch optimal, da sich der Bedarf von Heiz- und Kühlenergie über das Jahr ausgleicht. Während im Winter die Deckung des Heizwärmebedarfs im Vordergrund steht, so ist dies im Sommer die Deckung des Kältebedarfs. Damit ist das Blockheizkraftwerk sowohl im Sommer als auch im Winter gleichmäßig ausgelastet.

BHKW's mit den Leistungsdaten des tegut-BHKW's werden durch die Gesetzgebung stark begünstigt. Es werden Reduktionen der Erdgassteuer auf Erdgas gewährt, auf der Stromseite entfallen für den aus BHKW-Anlagen erzeugten Strom die Ökosteuer sowie die Abgaben für die Kraftwärmekopplung und die Energieeinspeisung.

BHKW - Strom - Wärme

Inhalt

- **Analyse Ist-Zustand**
- **Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung mit und ohne BHKW**
- **Notwendige Maßnahmen zur Instandhaltung**
- **Vorschläge zur Optimierung der Energieerzeugung**

Bild 1

Beurteilung des Ist-Zustandes der Energiezentrale

- **Die Auswertung der Betriebsaufzeichnungen durch die Betriebsabteilung ergab, dass das BHKW mit max. 3 Modulen am stabilsten läuft.**
- **Die Stromerzeugung läuft problemlos.**
- **Die Notstromfunktion ist gewährleistet.**
- **Wärmeversorgung läuft bei max. 3 Modulen mit den vorhandenen Speichern problemlos**
- **Die Kälteversorgung ist optimierbar**
- **Bei den BHKW-Modulen sind Instandhaltungsmaßnahmen notwendig**

Bild 2

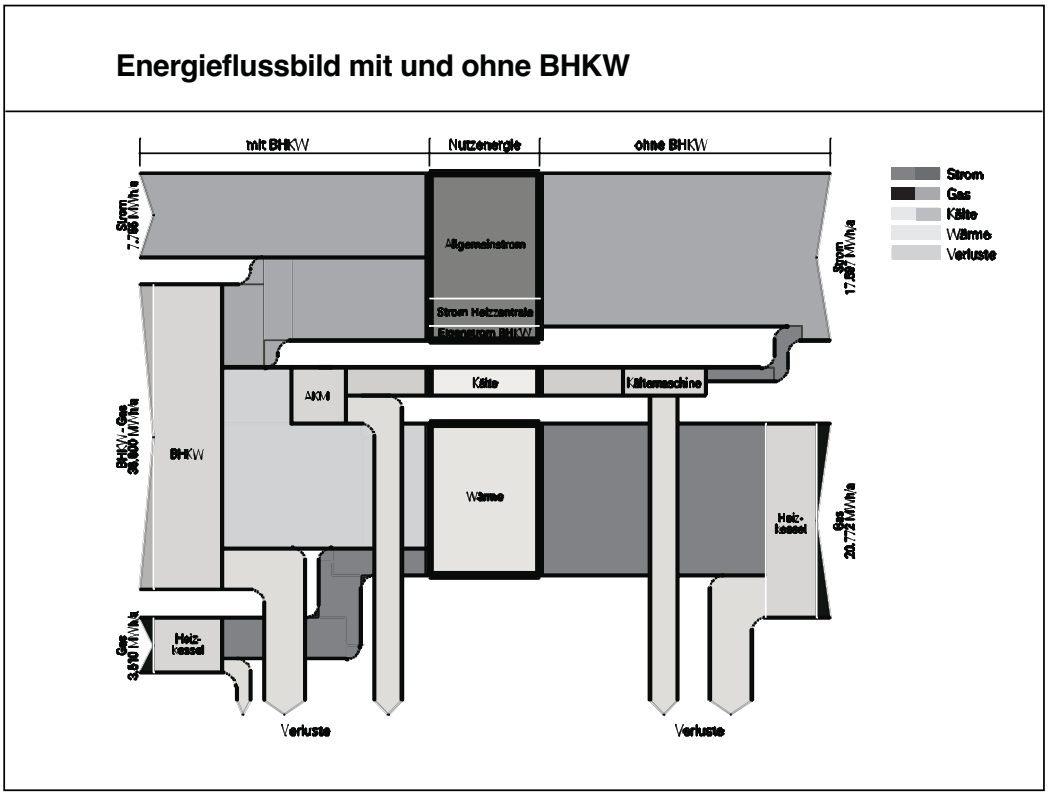

Energieflussbild mit und ohne BHKW
mit BHKW
Nutzenergie
ohne BHKW
Strom
Gas
Kälte
Wärme
Verluste
Allgemeinstrom
Strom Heizzentrale
Eigenstrom BHKW
AKM
Kälte
Kältemaschine
BHKW
Wärme
Heiz-kessel
Heiz-kessel
Verluste
Verluste

Bild 3

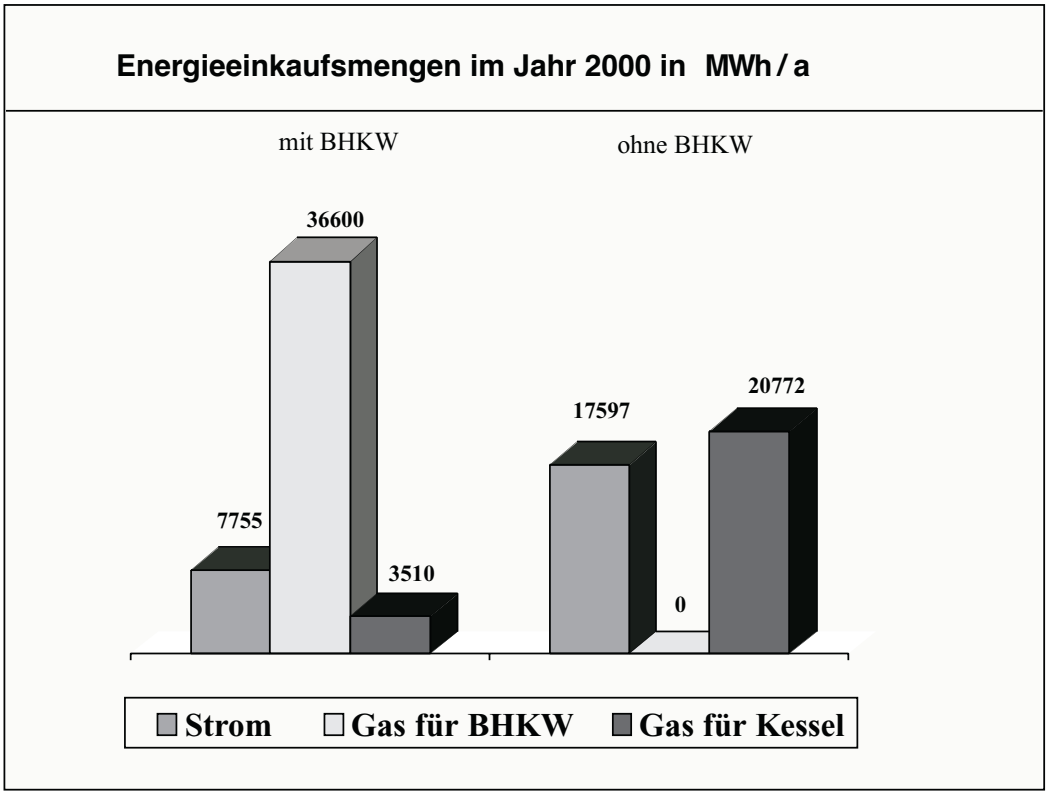

Energieeinkaufsmengen im Jahr 2000 in MWh / a
mit BHKW
ohne BHKW
36600
7755
3510
17597
0
20772
Strom
Gas für BHKW
Gas für Kessel

Bild 4

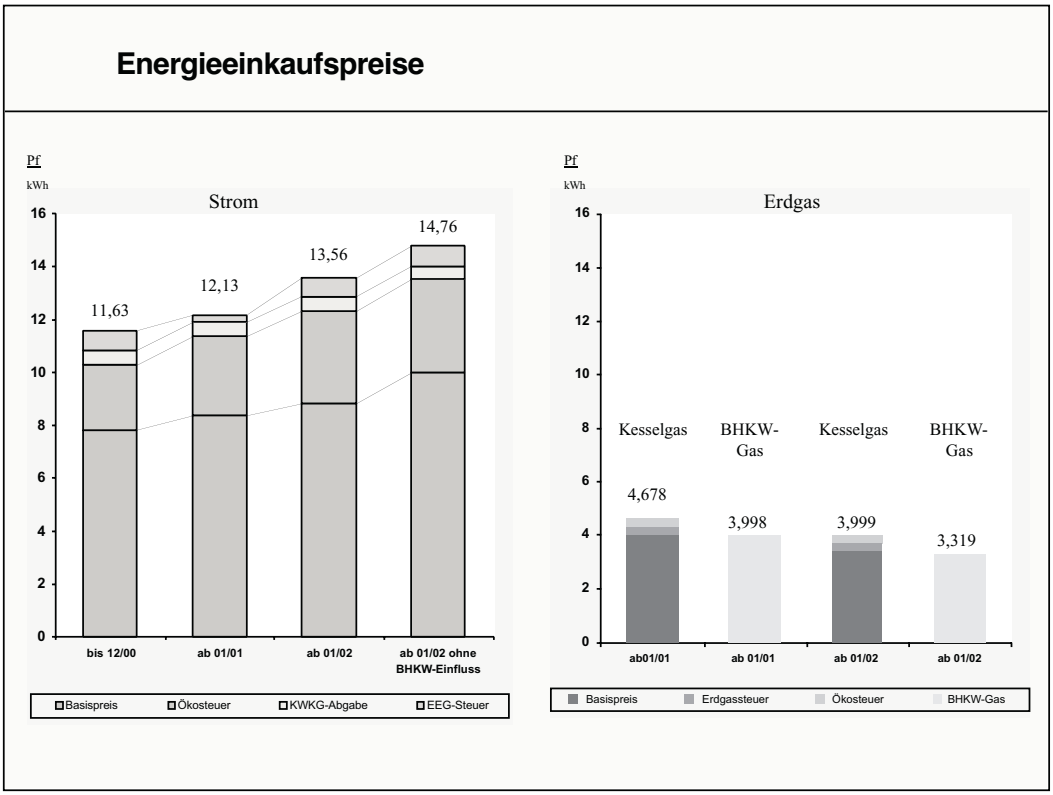

Energieeinkaufspreise
Pf
kWh
Strom
16
14
12
10
8
6
4
2
0
11,63
12,13
13,56
14,76
bis 12/00
ab 01/01
ab 01/02
ab 01/02 ohne BHKW-Einfluss
Basispreis
Ökosteuer
KWKG-Abgabe
EEG-Steuer
Pf
kWh
Erdgas
Kesselgas
BHKW-Gas
Kesselgas
BHKW-Gas
4,678
3,998
3,999
3,319
ab01/01
ab 01/01
ab 01/02
ab 01/02
Basispreis
Erdgassteuer
Ökosteuer
BHKW-Gas

Bild 5

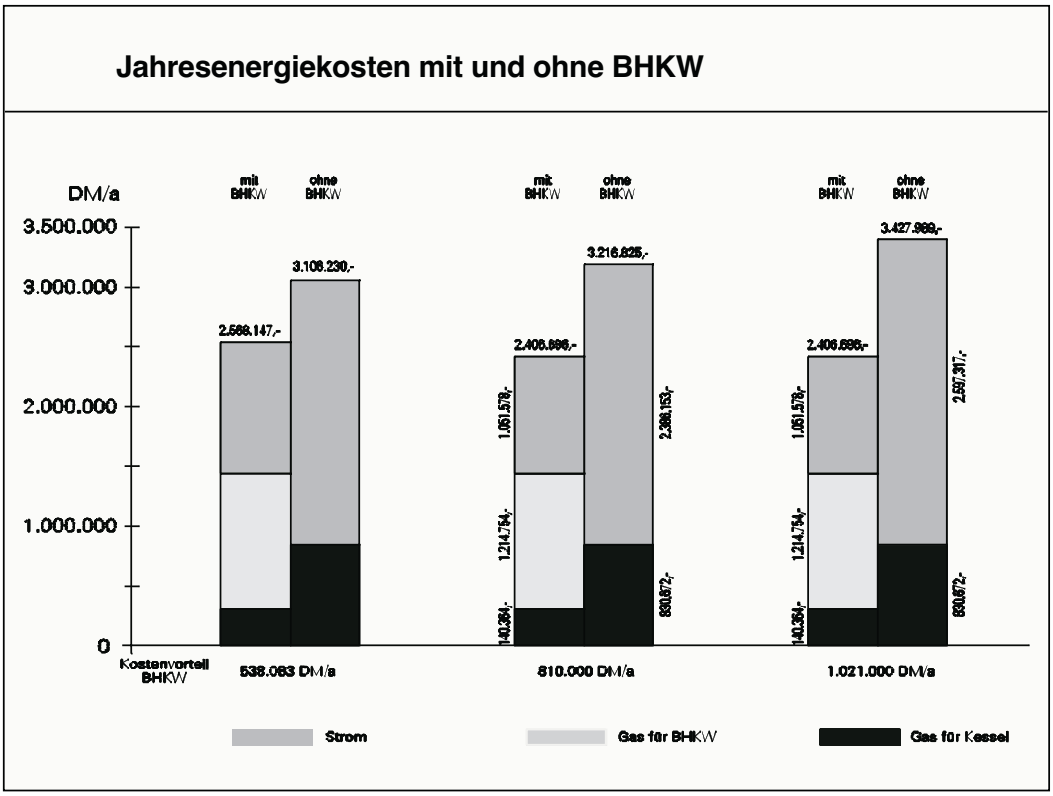

Jahresenergiekosten mit und ohne BHKW
DM/a
mit BHKW
ohne BHKW
3.500.000
3.000.000
2.000.000
1.000.000
0
2.568.147,-
3.108.230,-
2.406.696,-
3.216.825,-
2.406.696,-
3.427.989,-
1.051.578,-
1.214.754,-
140.364,-
2.388.153,-
630.672,-
2.597.317,-
Kostenvorteil BHKW
538.083 DM/a
810.000 DM/a
1.021.000 DM/a
Strom
Gas für BHKW
Gas für Kessel

Bild 6

Ist - Zustand Kältemaschine

- **Die installierte Absorptionskältemaschine (AKM) 1600 kW ist im Vergleich zum BKHW zu groß dimensioniert, gemäß Betriebs-aufzeichnungen werden max. 900 kW abgenommen**
- **Betrieb ist nicht stabil, Maschine regelt ständig an der unteren Leistungsgrenze. Die bereits zusätzlich angeschlossenen Verbraucher erbrachten zwar eine wesentliche Verbesserung, jedoch besteht nach wie vor Handlungsbedarf.**
- **Die Rückkühlwerke (RKW) der BKHW-Module werden auch zum Betrieb der AKM benötigt.**
- **Die RKW´s haben bedingt durch die Motorkühlung hohe Betriebstemperaturen, dadurch läuft die AKM mit schlechtem Wirkungsgrad**
- **Die Aufstellung der RKW´s auf dem Flachdach führt im Hochsommer zu extrem hohen Betriebstemperaturen, die den Wirkungsgrad des Absorbers zusätzlich reduzieren.**

Bild 7

Optimierungsvorschlag Kältemaschine

- **Installation einer neuen AKM mit 900 kW Kälteleistung**
- **Installation eines Nass-Kühlturms, verbessert AKM-Wirkungsgrad um 20%, dadurch bei gleichem Einsatz von Heizenergie 20% mehr Kälte**
- **Fortsetzung der Maßnahmen zum Anschluss zusätzlicher Verbraucher an das Kaltwassernetz.**

Bild 8

Wirtschaftlichkeit einer neuen Absorptionskältemaschine

• Investitionskosten		470.000,- DM
• Kälte-Mehrproduktion ohne zusätzlichen Energieeinsatz	52.000,- DM/a	
• abzgl. Mehraufwendungen Nasskühlturm	- 8.000,- DM/a	
• Mehr-/ Minderkosten durch längere BHKW-Laufzeit		
- Verminderung der eingekauften Strommenge	81.000,- DM/a	
- Verminderung der Kessel-Gasmenge	46.000,- DM/a	
- Mehrbezug von BHKW-Gas	- 74.000,- DM/a	
Summe	97.000,- DM/a	97.000,- DM/a

Bild 9

Instandhaltungsinvestitionen

• Grundüberholung der Module	700.000,- DM
• Erneuerung der 4 Katalysatoren	100.000,- DM
• Sonstige Wartungsmaßnahmen	50.000,- DM
Summe	850.000,- DM

Bild 10

Konsequenzen der Stilllelegung des BHKW

- **Investitionskosten:**

Erweiterung Trafostation	**300.000,- DM**
Anpassung Kessel und Wärmeverteilung	**150.000,- DM**
Demontagen	**50.000,- DM**
Summe	**500.000,- DM**

- **Aushandeln neuer Lieferverträge mit den Energielieferanten, Gefahr überproportionaler Strompreissteigerung aufgrund der fehlenden Dämpfungswirkung des BHKW**
- **BHKW dient derzeit auch als Netzersatzanlage, bei Stilllegung ist eine andere Netzersatzanlage erforderlich.**
- **Die Netzersatzfunktion ist zukünftig bedeutsamer aufgrund der absehbar abnehmenden Strom- Versorgungssicherheit**

Bild 11

CO_2-Emissionen mit und ohne BHKW

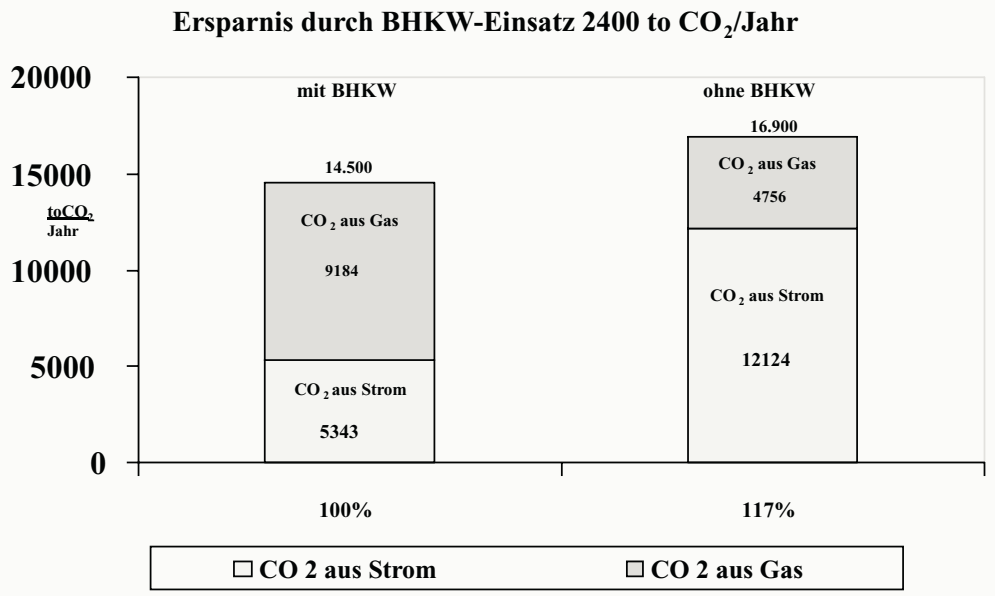


Bild 12

Empfehlungen

- **Beibehaltung des Blockheizkraftwerkes**
- **Durchführung der Instandhaltungsmaßnahmen**
- **Installation einer neuen Absorptionskältemaschine mit Nasskühlturm**
- **Anschluss weiterer Kälteverbraucher**
- **Durchführung von Detailoptimierungen durch die Betriebsingenieure**

Bild 13

Gas-Wärmepumpen - Absorber
Einsatz im Ein- und Zweifamilienhaus

Dipl.-Ing. Christian Schwarz,
Produktmanagement bei Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar
Dipl.-Ing. Dieter Lotz, Fachreferent bei Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar

Stand der Technik (Bild 1+2)

Heute sind die Niedertemperatur- und die Brennwerttechnik in Deutschland Stand der Technik. Die Brennwerttechnik gewinnt dabei mit dem steigenden Umweltbewusstsein gegenüber der Niedertemperaturtechnik weiter an Bedeutung. Sie entwickelt sich zur Standardlösung. Mit der Brennwerttechnik und Norm-Nutzungsgraden von bis zu 109 % ist das technische Potenzial der konventionellen Feuerungstechnik erschöpft.

Mit der gasbetriebenen Wärmepumpe Loganova GWP geht Buderus einen Schritt weiter. Mit ihr werden bezogen auf H_I Wirkungsgrade von bis zu 1,5 bzw. Jahresnutzungsgrade bis zu 130 % erreicht. Diese hohe Effizienz wird durch die Gewinnung von in der Umwelt gespeicherter solarer Energie ermöglicht. So kann der Gasverbrauch bei der Wohnraumbeheizung im Vergleich zur Brennwerttechnik um bis zu 25 % verringert werden. Buderus setzt damit einen neuen Meilenstein in der Heiztechnik: Betriebskosten sparen zum Wohle der Umwelt.

Der Kreislauf beginnt... (Bild 3+4)

Eine Wärmepumpe arbeitet nach dem gleichen Grundprinzip wie ein Kühlschrank. Im Kühlschrank wird dem Kühlgut Wärme entzogen. Die Antriebsenergie und die dem Kühlgut entzogene Energie werden als Abwärme an der Rückseite des Kühlschranks an den Raum „ungenutzt“ abgegeben.

Wärmepumpen kehren den Nutzen um. Sie entziehen der Umwelt Energie. Diese Umweltwärme und die für den Kühlprozess notwendige Antriebsenergie werden dem Heizsystem für die Wärmeversorgung zur Verfügung gestellt. Das besondere an der Loganova GWP ist, dass dieser „Kühlschrank“ durch Wärmezufuhr mittels Erdgas angetrieben wird.

Durch die Nutzung der Umweltenergie und durch den Brennstoff Erdgas trägt die Loganova GWP zur Reduzierung des CO_2-Ausstoßes bei. Sie leistet damit einen wertvollen Beitrag zum Schutz unserer Umwelt und gegen die globale Erwärmung durch den Treibhauseffekt.

Es handelt es sich bei dem Wärmepumpen-Aggregat um eine Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe (DAWP) mit Ammoniak, Wasser und Helium als

Arbeitsmedien. Das Wärmepumpen-Aggregat benötigt keine mechanische Pumpe oder Kompressoren. Statt dessen setzt sich der DAWP-Prozess bei Wärmezufuhr selbstständig in Bewegung. Die Arbeitsmedien zirkulieren im Gerät aufgrund der sich durch Wärmezufuhr automatisch einstellenden Dichte- und Konzentrationsunterschiede.

Beim Kreisprozess verdunstet das Kältemittel Ammoniak im Verdampfer und diffundiert in eine Heliumatmosphäre. Dabei nimmt das Kältemittel Energie aus der Umwelt auf. Das Dampfgemisch aus Ammoniak und Helium strömt nach dem Verdampfer in einen Absorber. Im Absorber wird das Kältemittel wieder vom Helium getrennt. Dies geschieht, indem eine wässrige Lösung in den Absorber geleitet wird. Das Kältemittel ist sehr gut wasserlöslich und wird daher vom Wasser absorbiert (aufgenommen). Die dabei freiwerdende Energie wird dem Heizsystem zur Verfügung gestellt. Das vom Kältemittel gereinigte Helium wird wieder in den Verdampfer geleitet, wo es erneut Kältemittel aufnimmt. Die im Absorber mit Kältemittel angereicherte wässrige Lösung fließt in einen Austreiber. An dieser Stelle tritt der Gasgebläsebrenner in Aktion. Über den Brenner wird Wärme in den Austreiber eingekoppelt. Das Kältemittel verdampft, während die verbleibende wässrige Lösung in den Absorber zurückgeleitet wird. Im Absorber wird die wässrige Lösung erneut mit Kältemittel angereichert. Der aus dem Austreiber aufsteigende Kältemitteldampf wird im Kondensator verflüssigt. Auch die freiwerdende Kondensationswärme wird an das Heizsystem abgeführt. Das Kondensat gelangt anschließend in den Verdampfer, wo es erneut verdunstet und Umweltwärme aufnimmt. Der Kreislauf ist geschlossen.

Einsatzbereiche (Bild 5+6)

Die Loganova GWP ist ein mit Erdgas angetriebener Wärmeerzeuger zur Wohnraumbeheizung und Trinkwassererwärmung. Dabei steckt unter der Verkleidung ein Brennwertgerät als Spitzenlastkessel.

Mit dem Wärmepumpen-Aggregat wird der größte Teil des Wärmebedarfs zur Wohnraumbeheizung abgedeckt. Der Brennwertkessel kommt nur zum Einsatz zur Trinkwassererwärmung oder als zusätzlicher Wärmeerzeuger falls die Wärmeleistung der Wärmepumpe nicht mehr ausreicht. Die Kombination der beiden Wärmeerzeuger ermöglicht eine Trinkwassererwärmung ohne eine zeitliche Unterbrechung der Wohnraumbeheizung.

Die gasbetriebene Wärmepumpe wird in zwei Ausführungen erhältlich sein. Im Neubau kommt die Loganova GWP 102-11 (3,6 kW DAWP/max. Heizleistung 11 kW) zum Einsatz. Die Wärmeleistung des Spitzenlastkessels ist auf die Trinkwassererwärmung ausgelegt. Im heutigen Wohnungsbau kann bei einem Wärmebedarf von ca. 10 kW bis zu 80 % der Heizarbeit für die Wohnraumbeheizung vom Wärmepumpen-Aggregat abgedeckt werden. Der

Spitzenlastkessel deckt dann den restlichen Heizwärmebedarf und die Trinkwassererwärmung ab. Die Kombination aus Wärmepumpen-Aggregat und Spitzenlastkessel führt damit bei der Wohnraumbeheizung zu einer Energieeinsparung im Vergleich zur Brennwerttechnik von bis zu 25 %!

Für den Gebäudebestand oder für Zweifamilienhäuser wurde die Loganova GWP 102-19 (3,6 kW DAWP/max. Heizleistung 19 kW) konzipiert. Bei einem Heizwärmebedarf von 15 kW kann das Wärmepumpen-Aggregat immerhin noch mehr als 60 % der Heizarbeit leisten. Damit sind Energieeinsparungen bei der Wohnraumbeheizung von 10 % gegenüber der Brennwerttechnik möglich. Vergleicht man die Loganova GWP mit einer bestehenden Anlage aus den 80er Jahren, so erzielt man sogar Einsparungen von bis zu 40 %.

Woher kommt die Umweltwärme? (Bild 7)

Mögliche Wärmequellen sind z.B. das Erdreich oder die Außenluft. Die Umweltwärme wird mittels eines Solekreislaufs in die Wärmepumpe im Verdampfer eingekoppelt. Der Solekreis besteht aus einem geschlossenen Rohrsystem, in dem ein Wärmeträger (Sole) zirkuliert.

Die Wärmequelle führt der „kalten" Sole die Umweltwärme zu und erwärmt ihn. Der Sole wiederum wird diese Energie in der Wärmepumpe entzogen; sie wird gekühlt. Die kalte Sole wird schließlich wieder zur Wärmequelle geleitet. Der Kreislauf ist somit geschlossen.

Am einfachsten kann die Außenluft als Wärmequelle erschlossen werden. Noch bei Außentemperaturen von –10 °C gewinnt das Wärmepumpen-Aggregat Umweltwärme. Hierfür wird ein Rippenrohr-Wärmetauscher als Luftkollektor eingesetzt, der zum Beispiel auf einem Schräg- oder einem Flachdach montiert wird. Von weitem betrachtet sieht er einem konventionellen Solar-Flachkollektor sehr ähnlich. Er entzieht jedoch hauptsächlich der Außenluft Energie. Die direkte Nutzung der Solarstrahlung spielt hingegen eine untergeordnete Rolle.

Der von Buderus angebotene Luftkollektor ist auf die Loganova GWP abgestimmt. Größere Planungen oder Genehmigungen für die Installation und den Betrieb der Anlage sind nicht erforderlich.

Alternativ zur Außenluft kann selbstverständlich auch das Erdreich mit Hilfe von Erdwärmesonden oder Erdreichkollektoren als Wärmequelle genutzt werden. Diese aus energetischen Gründen optimale Wärmequelle bedarf zur Erschließung jedoch einen höheren Aufwand.

Keine Angst vor der Technik (Bild 8)

Die Loganova GWP wird genauso wie ein Brennwertkessel in die Heizungsanlage eingebunden. Spezielle Kenntnisse über den Wärmepumpenprozess sind nicht erforderlich. Ein Pufferspeicher ist nicht notwendig. Die Vorlauftemperatur sollte insbesondere bei Neuanlagen 60 °C nicht überschreiten. Als Abgassystem kommt das Kunststoffsystem aus dem Bereich der wandhängenden Brennwertgeräte zum Einsatz. Alle wesentlichen Anlagenkomponenten – von der Heizkreispumpe bis zum Ausdehnungsgefäß – sind bereits im Gerät integriert. Dies ermöglicht eine Platz sparende und sehr saubere Installation. Der einzige Unterschied zu einer Brennwertanlage besteht im zusätzlichen Solekreis. Bei der Installation eines Luftkollektors zur Nutzung der Außenluft als Wärmequelle ist der Aufwand mit der Installation eines Solarkollektors vergleichbar.

Die sinnvolle Nutzung eines leicht nachträglich zu installierenden Luftkollektors und die Möglichkeit hohe Vorlauftemperaturen bereitzustellen, machen die Loganova GWP auch für die Sanierung von Altbauten interessant.

Zusammenfassung (Bild 9+10)

Die Loganova GWP ist ein innovativer Wärmeerzeuger, der nachhaltig zur Verringerung des Energiebedarfs beiträgt. Mit ihr ist es möglich, bis zu 25 % Erdgas bei der Wohnraumbeheizung einzusparen und stellt damit eine besonders umweltschonende Technologie für Ein- und Zweifamilienhäusern (ob Neu- oder Altbau) dar. Ohne bewegliche Teile arbeitet das Wärmepumpen-Aggregat besonders geräuscharm und ist praktisch verschleißfrei.

Internetinformationen: www.buderus.de

Schritt in die Zukunft

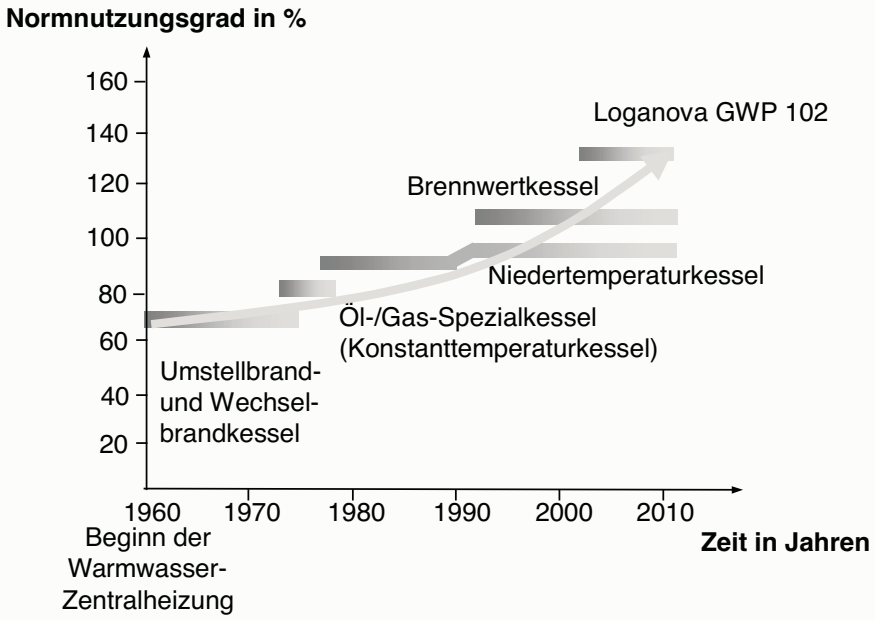


Bild 1

Kurzportrait

- 25% Energieeinsparung gegenüber Brennwerttechnik
- aufbauend auf der bewährten Technologie für gasbetriebene Kühlschränke
- Brennstoff Erdgas E/ LL
- fertige Komplettlösung
- Abmessungen (B/T/H): 60/ 60/ 200
- Gewicht: 240 kg

Bild 2

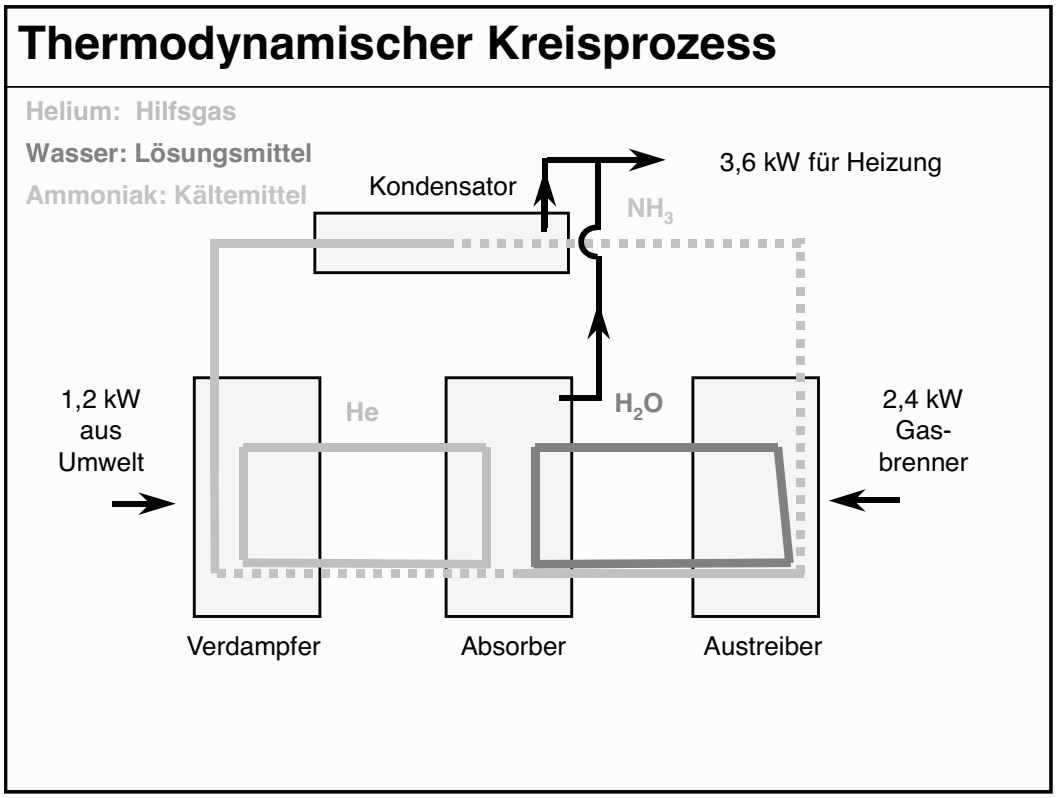

Thermodynamischer Kreisprozess
Helium: Hilfsgas
Wasser: Lösungsmittel
Ammoniak: Kältemittel
Kondensator
3,6 kW für Heizung
NH3
1,2 kW
aus
Umwelt
He
H2O
2,4 kW
Gas-
brenner
Verdampfer
Absorber
Austreiber

Bild 3

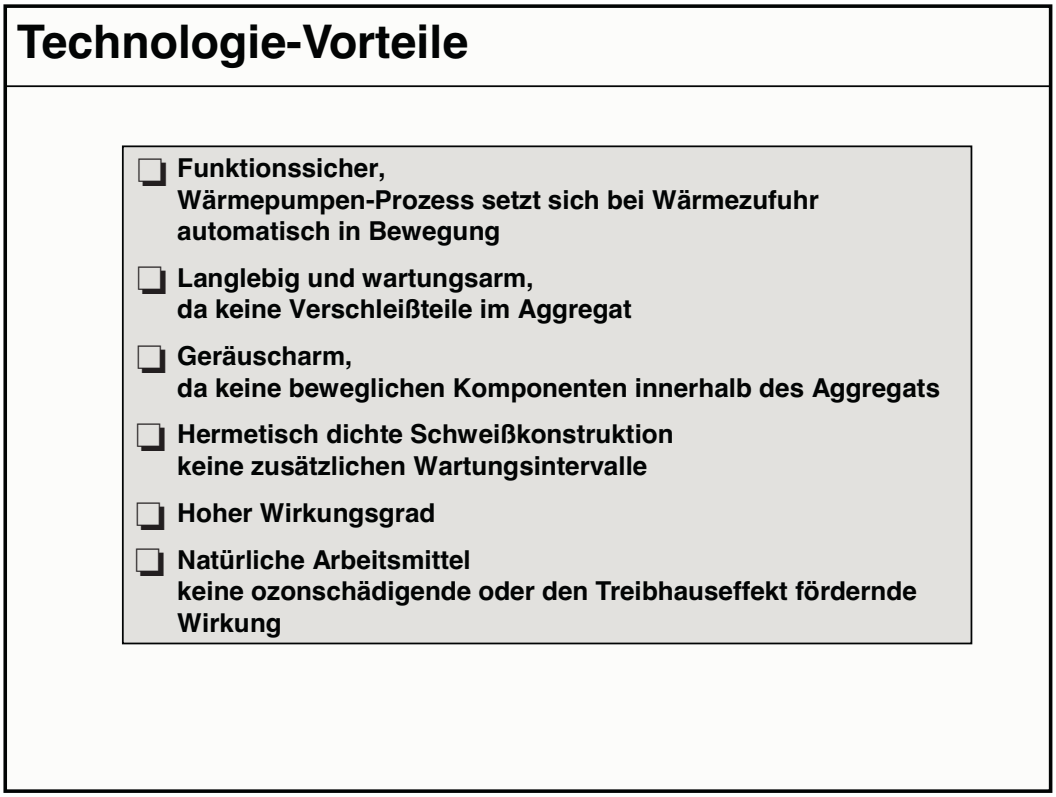
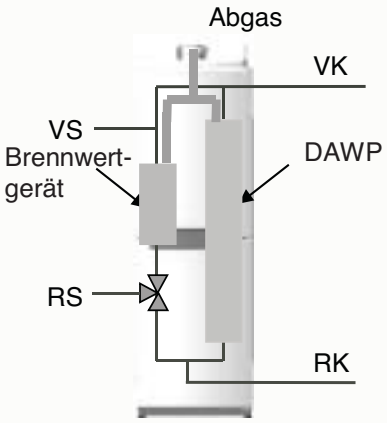

Technologie-Vorteile
Funktionssicher,
Wärmepumpen-Prozess setzt sich bei Wärmezufuhr
automatisch in Bewegung
Langlebig und wartungsarm,
da keine Verschleißteile im Aggregat
Geräuscharm,
da keine beweglichen Komponenten innerhalb des Aggregats
Hermetisch dichte Schweißkonstruktion
keine zusätzlichen Wartungsintervalle
Hoher Wirkungsgrad
Natürliche Arbeitsmittel
keine ozonschädigende oder den Treibhauseffekt fördernde
Wirkung

Bild 4

Ein Gerät - zwei Wärmeerzeuger



VK Vorlauf Heizung
RK Rücklauf Heizung
VS Vorlauf Speicher
RS Rücklauf Speicher

Gerätekonzept

- ❑ DAWP: Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe zur Grundlastabdeckung
- ❑ Brennwertgerät als Spitzenlastkessel für Heizung und Warmwasser

Vorteile

- ❑ Kostengünstige Wärmeverteilung durch hohe Vorlauftemperaturen möglich
- ❑ Kleine Wärmequelle
- ❑ Parallelbetrieb von Heizung und Warmwasser

Bild 5

Einsatzgebiet: EFH

Neubau
Loganova GWP 102-11

DAWP: 3,6 kW
Gesamtheizleistung: 11 kW

Gebäudebestand
Loganova GWP 102-19

DAWP: 3,6 kW
Gesamtheizleistung : 19 kW

Bild 6

Wärmequelle – Empfehlung

Luftkollektor:	Immer empfehlenswert
Erdwärmekollektor:	Alternative für den Neubau
Erdwärmesonde:	Ökologisch beste Alternative

	Luftkollektor	Erdwärme-kollektor	Erdwärme-sonde
Wärmequellen-Temperatur	o	+	++
Planung	++	+	-
Ausführung	++	+	-
Kosten	++	+/o	+/o
Bewertung	++	+	+/o

Bild 7

Vorteile für die Praxis

- **Alles in einer Hand**
  ➜ Komplettinstallation durch den Heizungsbauer
- **Planungssicherheit**
  ➜ durch abgestimmte Paketlösungen
- **Kostengünstige Wärmequelle**
  ➜ Luftkollektor sinnvoll
- **Kostengünstige Wärmeverteilung**
  ➜ durch hohe Vorlauftemperaturen

} Für Altbausanierung geeignet

Bild 8

Vergleich mit der Solartechnik

Energiebedarf eines Einfamilienhaus
150 m nach EnEV-Standard

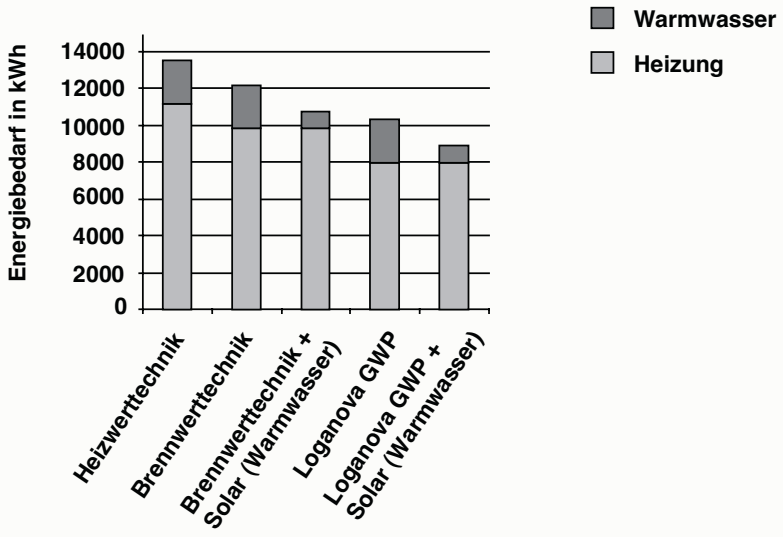


Bild 9

Resumèe

- Energiesparen zum Wohle der Umwelt
- Einsatzgebiet: Einfamilienhaus
- Geräuscharm/ Wartungsarm
- Einfaches abgestimmtes Komplettsystem für den Heizungsbau
- Zukunftsperspektive: Kühlen mit dem Heizkessel

Bild 10

Gas-Wärmepumpen – Gasmotor
Einsatz in Hotels und Einkaufszentren

Dipl.-Ing. Walter Schindler, Climaveneta Deutschland GmbH, Norderstedt

Einleitung

Immer strenger werdende Energieeffizienz- und Energieeinsparungsvorschriften fordern alle Bereiche des bautechnischen Planungswesens. Technologisch hochwertige Komponenten, Verfahren und Geräte stehen auf dem Markt zur Verfügung, alleine die damit verbundene Informationsflut ist schwer zu überblicken und die möglichen Varianten sind vielfältig.

Hier soll vor allem die Gas-Wärmepumpe mit einigen ihrer grundlegenden Eigenschaften beschrieben werden. Bezüglich der Einhaltung der voraussichtlich zum 1.1.2002 in Kraft tretenden Energieeinsparungsverordnung (EnEV) lassen sich mit der Gas-Wärmepumpe wesentliche Vorteile gewinnen, da mit dieser Technik unter niedrigem Primärenergieaufwand Wärmemengen verschoben und mit anwendungsgerechten Temperaturniveaus wieder zur Verfügung gestellt werden können.

Wasser/Wasser und Luft/Wasser-Wärmepumpen mit Gasmotor

Gerade im südeuropäischen Raum bestand Anfang der 90er Jahre großes Interesse an erdgasgetriebenen Geräten, sowohl zum Kühlen als auch zum Heizen und zur Brauchwassererwärmung in öffentlichen Gebäuden, Hotels und Einkaufszentren. In Zusammenarbeit mit den Gasversorgungsunternehmen wurden passend für diese Gebäudeanforderungen Geräte entwickelt und zur Marktreife gebracht. **(Bild 1)**

Heizen und Kühlen

In industriellen Prozessen findet sich häufig die parallele Verwendung von Kälte und Wärme zur Produktbehandlung und für den Produktionsprozess, ohne dass hierüber viel gesprochen wird. 1995 wurden beispielsweise drei luftgekühlte, mit Gasmotor getriebene Kälteaggregate für eine Batterieproduktion in Bad Lauterberg installiert. Die verstärkte Entfeuchtungsfunktion war maßgebend für den Produktionsausstoß, die 70 °C aus der Wärmerückgewinnung (Abgaswärmetauscher) wurde an anderer Stelle zur Produkterhitzung gebraucht.

Jedoch auch in anderen Anwendungen wie z.B. in Hotels und Einkaufszentren treten gleichzeitig Heiz- und Kühlbedarf auf **(Bild 2+3)**

Die Wärmepumpe ist hierfür bestens geeignet, gibt sie doch durch passende Auslegung von Verdampfer (in der Wärmequelle) und Verflüssiger (zur Versorgung der Wärmesenke) die Möglichkeit, sich den in der Wärmequelle zur Verfügung stehenden und den zur Versorgung der Wärmesenke notwendigen Temperaturniveaus anzupassen. Zusammen mit der Variation des verwendeten Kältemittels im Kältekreislauf ist hier eine große Bandbreite gegeben. Je nach Auslegung und verwendetem Kältemittel sind auf der Verdampferseite Sole/Wassertemperaturen zwischen –14 °C und 20 °C realisierbar, auf der Verflüssigerseite 20 °C bis 55 °C. Beide Seiten können natürlich auch als Luftwärmetauscher ausgeführt werden. Ist der Verdampfer ein Luftwärmetauscher, so ist entweder die Abkühlung auf den Frostpunkt begrenzt oder regelmäßige Abtauzyklen zur Befreiung des Wärmetauscherregisters sind notwendig. Die wirkt sich jedoch sowohl wegen des Eisbesatzes des Registers als auch wegen des Energieverlustes während des Abtauzyklusses negativ auf die Energiebilanz aus.

Winterbetrieb

Im Vordergrund steht hier die Heizfunktion, als Wärmequelle dienen Wärmerückgewinnungseinrichtungen wie z.B. Schwimmbadentfeuchtung und/ oder Wärmequellen wie z.B. Erdsonden.

In der Gas-Wärmepumpe entsteht ca. 65 % der Heizleistung im Verdampfer und 35 % im Abgaswärmetauscher und Motorkühlkreis wobei hier VL-Temperaturen von über 70 °C realisiert werden können. **(Bild 4-6)**

Sommerbetrieb

Zur Kühlung wird üblicherweise Kaltwasser mit 12°/6 °C erzeugt. Hiermit kann die Klimaanlage und die Entfeuchtung bedient werden. Pro 1 kW erzeugter Kälteleistung stehen ca. 0,4 kW Heizleistung aus der Wärmerückgewinnung über Motorkühlung und Abgasenthitzung zur Verfügung, auch hier mit typischerweise 70 °C. Nicht abgenommene Wärme geht automatisch in das Verflüssigerkühlmedium. Hier beträgt das Temperaturniveau bei der Wasser/Wasser-WP 30°–40 °C und kann zur Versorgung von Fußbodenheizungen in Sauna und Wellnessbereich eines Hotels eingesetzt werden. Im Kühlbetrieb ist jedoch der Kaltwasservorlauf die Führungsgröße und Rückgewinnungsleistung bei 70 °C steht nur während der eingeschalteten Kühlfunktion zur Verfügung. Ein automatisches Umschalten auf Wärmepumpenbetrieb ist jedoch immer möglich. **(Bild 7-9)**

Die gasgetriebene Wärmepumpe hat Vorteile

Gestiegene ökologische Anforderungen, geplante Minderung des CO_2-Ausstoßes und, nicht zu selten, schon ausgelastete Stromversorgungsinfrastruktur sprechen für den Einsatz der mit Gasmotor getriebenen Wärmepumpe. **(Bild 10)**

Bislang ist die Energieeffizienz der gasgetriebenen Wärmepumpe und der damit verbundene geringe Ausstoß an Treibhausgasen von anderen Systemen nicht erreicht. Zum einen ist dies im Energieträger Erdgas selbst begründet, dessen Verbrennungsprodukte mit heutiger Katalysatortechnik in unschädliche Stoffe umgewandelt werden können. Zum anderen fallen hier im Gegensatz zur elektrisch getriebenen Wärmepumpe, mehrere Energieumwandlungsschritte weg. Die direkte Verbrennung von Gas im Antriebsmotor steht der thermischen Umwandlung und der anschließenden elektrischen Umwandlung im Kraftwerk mit den jeweils verknüpften Verlusten gegenüber und ist damit überlegen. Brennstoffzellen vermeiden schon die thermische Umwandlung, sind jedoch ökonomisch noch keine Alternative.

Energiebilanz

Mit der gasgetriebenen Wärmepumpe unter Ausnutzung der Motorkühlung und Abgaswärme entsteht ein Gesamtnutzen von 160 % **(Bild11)**, bezogen auf den Heizwert des eingesetzten Erdgases. Darüber hinaus stehen zwei unterschiedliche Temperaturniveaus für das Heizwasser zur Verfügung. Abhängig ist der Wirkungsgrad der Wärmepumpe von Verdampfungstemperatur (Wärmequelle) und Verflüssigungstemperatur (Warmwasservorlauf).

Hydraulik/Regelung

Automatisch regelnde Ventile stellen die richtigen Temperaturverhältnisse im Motorkühlkreislauf sicher und regeln die Vorlauftemperatur aus der Wärmerückgewinnung. Überschüssige, von der Anlage nicht abgenommene Leistung auf der Hochtemperaturseite wird in das Kühlmedium des Verflüssigers übernommen. **(Bild 12)** Leistungsregelung des Kältemittelverdichters und Drehzahlregelung des Gasmotors passen die Leistung der Wärmepumpe im Bereich 60 %–100 % stetig den Anforderungen der Anlage an. Um zu häufiges Starten des Gasmotors zu vermeiden ist von der Planungsseite her auf ausreichende Wasservolumina in den Anlagenteile zu achten. Als Empfehlung für das Gesamtanlagenvolumen des jeweiligen Anlagenteiles (Kälte, Wärme, Hochtemperatur) kann hier 25 l Wasser/Sole pro kW der kleinstmöglichen Betriebsleistung (Kälte wie Wärme) gesehen werden.

Geräteaufbau/Gasmotor

Zur Außenaufstellung geeignete Aluminiumgehäuse mit integrierter Schalldämmung und seperate Aufbauräume für Verdampfer und Gasmotor/Verdichter erleichtern die Wartung. Die Abschottung des Luftweges bei Luft/Wasser-Wärmepumpen ermöglicht den weiteren Betrieb bei geöffnetem Maschinenraum. Ein bauseitiger Maschinenraum erübrigt sich, im

Gegenzug ist Innenaufstellung ohne aufwendige Abgasführung nicht möglich. **(Bild 13-14)**

Elektronische Regelung

Heutige Maschinen sind durchgehend mit ausgereiften Mikroprozessorreglungen ausgestattet. Alarm und Wartungsmanagement sind integriert und unterstützen den Service. Sicherheitsketten werden hierüber permanent überwacht und die Komponenten vor Schäden hierdurch geschützt. Auch die anlagenseitigen Parameter wie Wassermengen und Wassertemperaturen werden kontrolliert und das Verlassen der Betriebsgrenzen angezeigt. Über serielle Schnittstellen und verbreitete Bussysteme sind die Maschinen einfach in Gebäudeleittechniksysteme integrierbar und die Sensorwerte und andere Betriebsparameter visualisierbar.

Wartung/Fernwartung

Heutige Wartungstechnik ermöglicht die Fernüberwachung von Maschinen und Anlagen von einer Wartungszentrale aus, wo schon vor dem Auftreten einer Störung das wegdriften von Betriebsparametern erfasst und vorsorglich Einsätze ausgelöst werden können. In den Mikroprozessorreglern gespeicherte Betriebsprotokolle als auch über Onlineverbindung erstellte Protokollierungen von Messgrössen geben ein gutes Bild des Betriebszustandes und ermöglichen auch die Betriebskostenüberwachung. Unbedingt ist auf den Abschluss eines Wartungsvertrages zu achten, der die Verfügbarkeit der Maschinenleistung und der Leistungsparameter sicherstellt. **(Bild 15)**

Fazit

Ein weiter Bereich von verfügbaren Leistungen und in Jahren gesammelte Betriebserfahrung mit Gas-Wärmepumpen geben der Planung eine Summe von Möglichkeiten zum Einsatz von Gas-Wärmepumpen mit hoher Betriebssicherheit. Die Vorteile dieser Geräte bestätigten sich in bestehenden Anlagen. Unter ökologischen wie ökonomischen Gesichtspunkten sind die Gas-Wärmepumpen eine gute Antwort auf die heutigen Anforderungen des Gesetzgebers wie des Investors.

Projektstart 1992 in Kooperation mit Gasversorgern

Erdgas wird zum Antrieb von Maschinen der Klimatechnik genutzt.

Bild 1

Paralleler Heiz- und Kühlbedarf

- **Hotel**
  - **Sommer**
    - **Kühlen: Klimaanlage, Schwimmbadentfeuchtung**
    - **Heizen: Poolwasser, Saunabereiche, Brauchwasser**
  - **Winter**
    - **Heizen: Gebäude und Poolwasser, Brauchwasser**
    - **Kühlen: Schwimmbadentfeuchtung**

Bild 2

Paralleler Heiz-und Kühlbedarf

- **<u>Einkaufszentrum</u>**
  - **Sommer**
    - **Kühlen: Klima-/Lüftungsanlage (incl. Entfeuchtung)**
    - **Heizen: Brauchwasser**
  - **Winter**
    - **Heizen: Lüftungsanlage, stat. Heizung, Brauchwasser**
    - **Kühlen: innere Shopflächen mit hohen Lasten (Licht)**

Bild 3

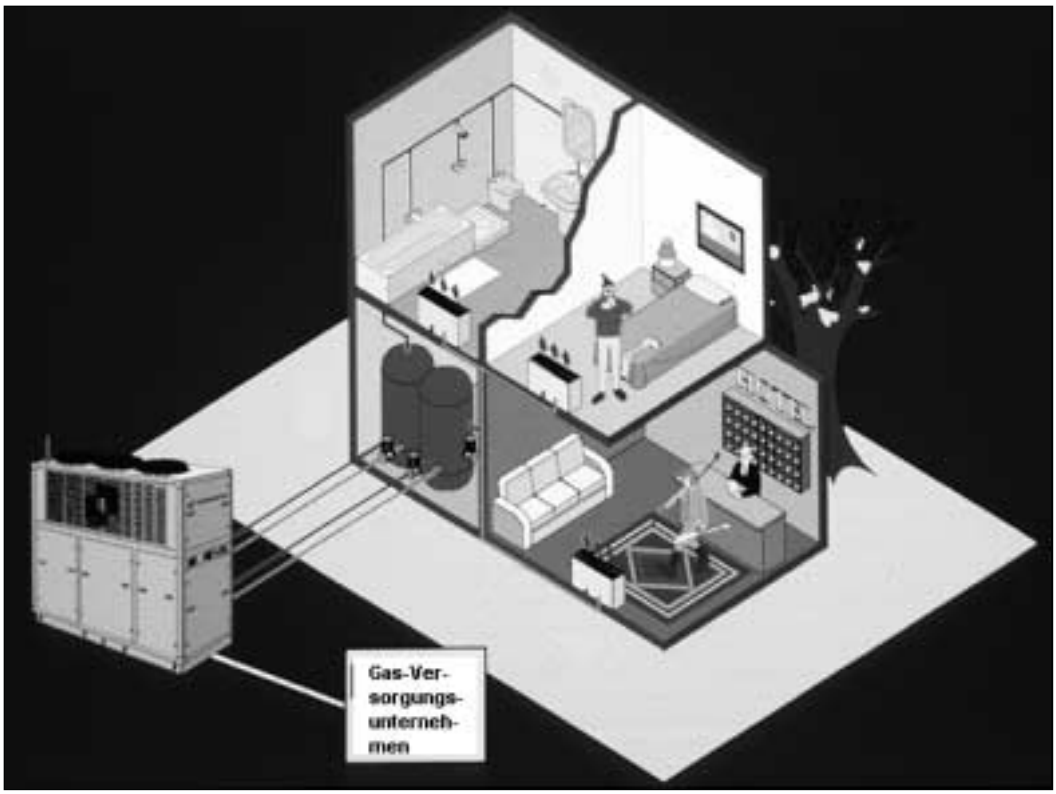


Bild 4

WINTERBETRIEB

- Arbeitet als Luft-Wasser- oder Wasser/Wasser- Wärmepumpe
- Wasser für Heizungsanlagen (50°C)
- Separates Warmwasser für Brauchwassererwärmung (70°C)

Bild 5

Winterbetrieb – nur Heizen

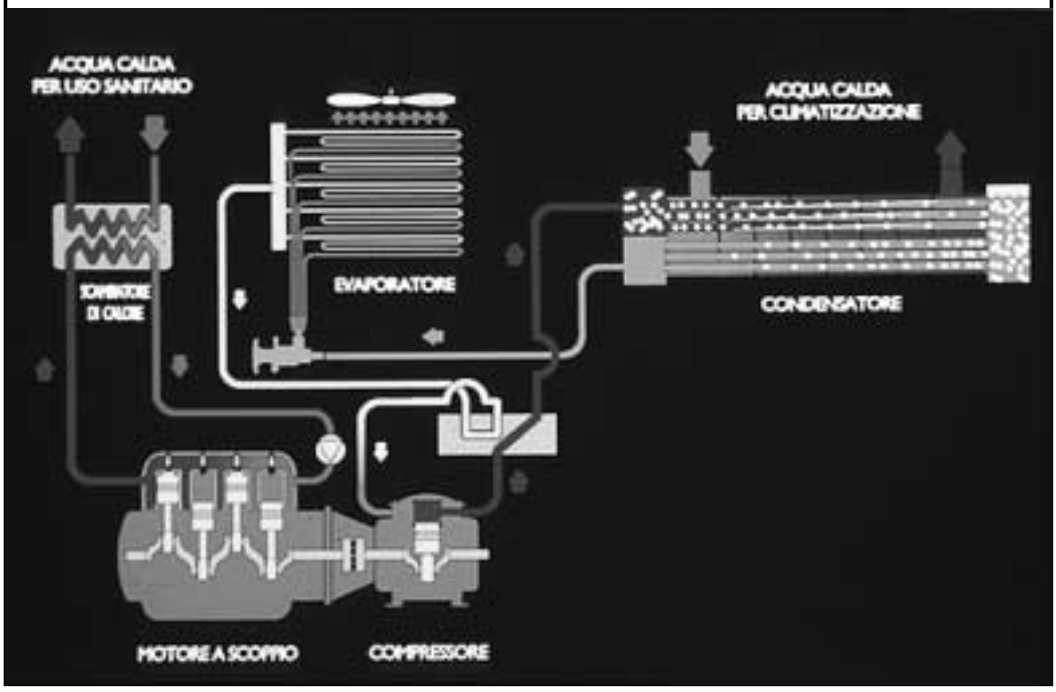


Bild 6

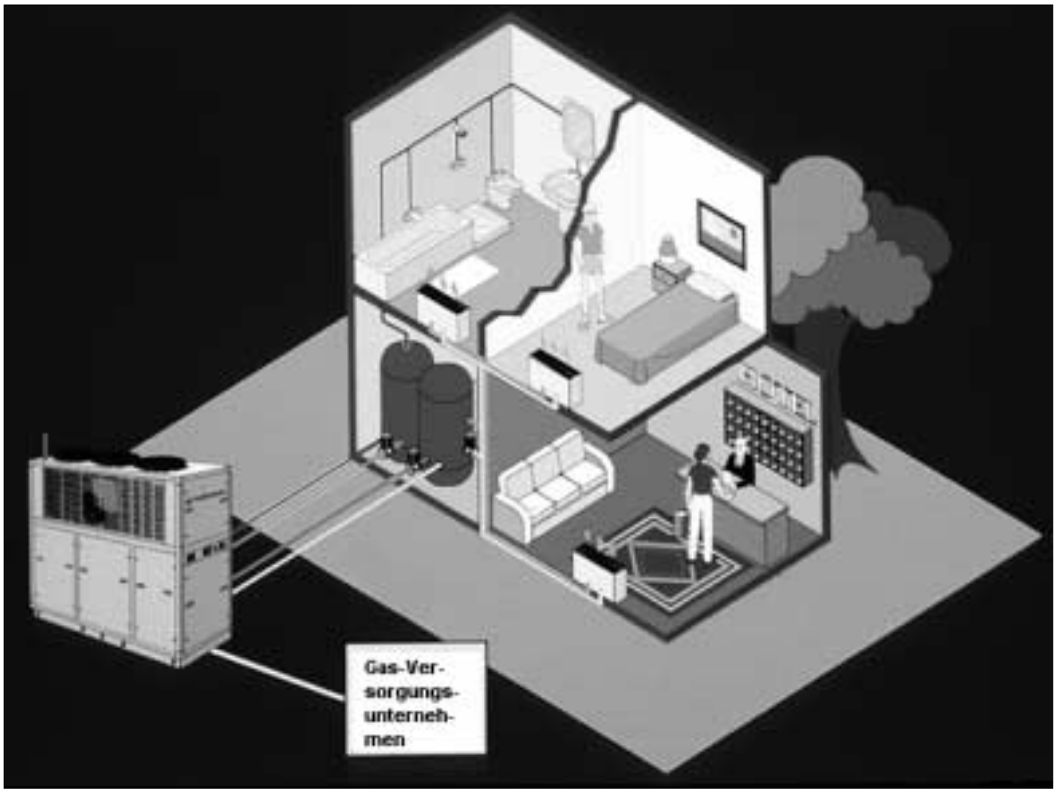


Bild 7

SOMMERBETRIEB

- **Arbeitet als luft-/wasser-gekühlte Wasserkühlmaschine**
- **Kaltes Wasser für Klimaanlagen (6°C)**
- **Separates Warmwasser zur Brauchwassererwärmung aus der Wärmerückgewinnung (70°C)**

Bild 8

Sommerbetrieb, Kühlen und Brauchwassererwärmung

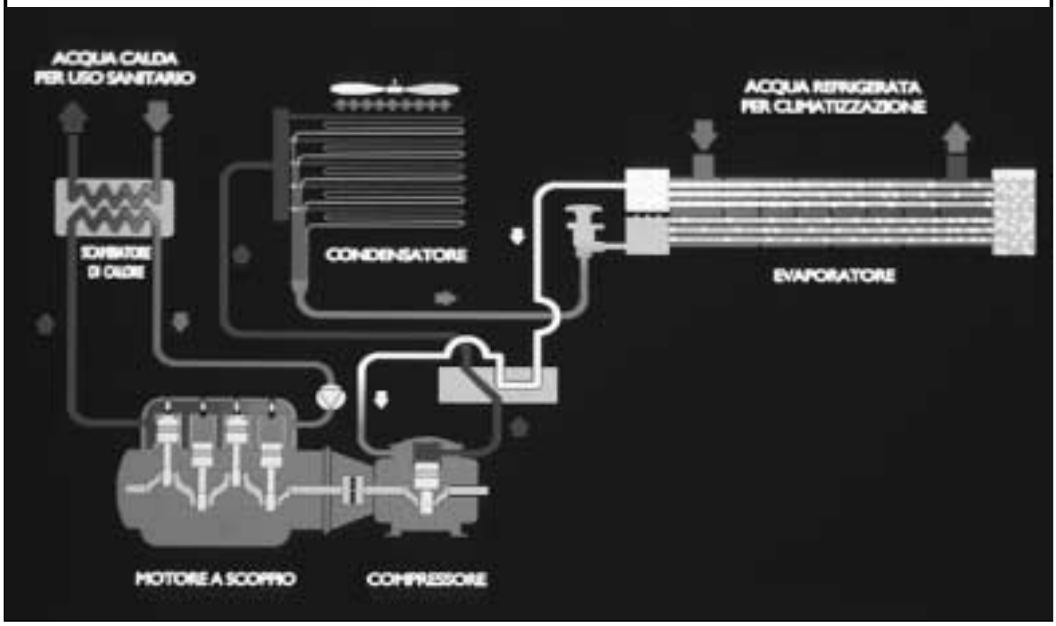


Bild 9

Vorteile:

- **Minderung des CO_2-Ausstosses (kg CO_2/kWh: Gas 0,14, Elektro 0,60)[1]**
- **Niedrigerer Primärenergiebedarf (Primärenergie für 100% Heizenergie: Gas-WP 75%, Elektro-WP 104%)[1]**
- **Entlastung der Stromversorgungsinfrastruktur**
- **Wirtschaftlichkeit**
- **Verschiedene Vorlauftemperaturen verfügbar (50°C Verflüssiger, 70°C Abgaswärmetauscher, Motorkühlung)**

Bild 10

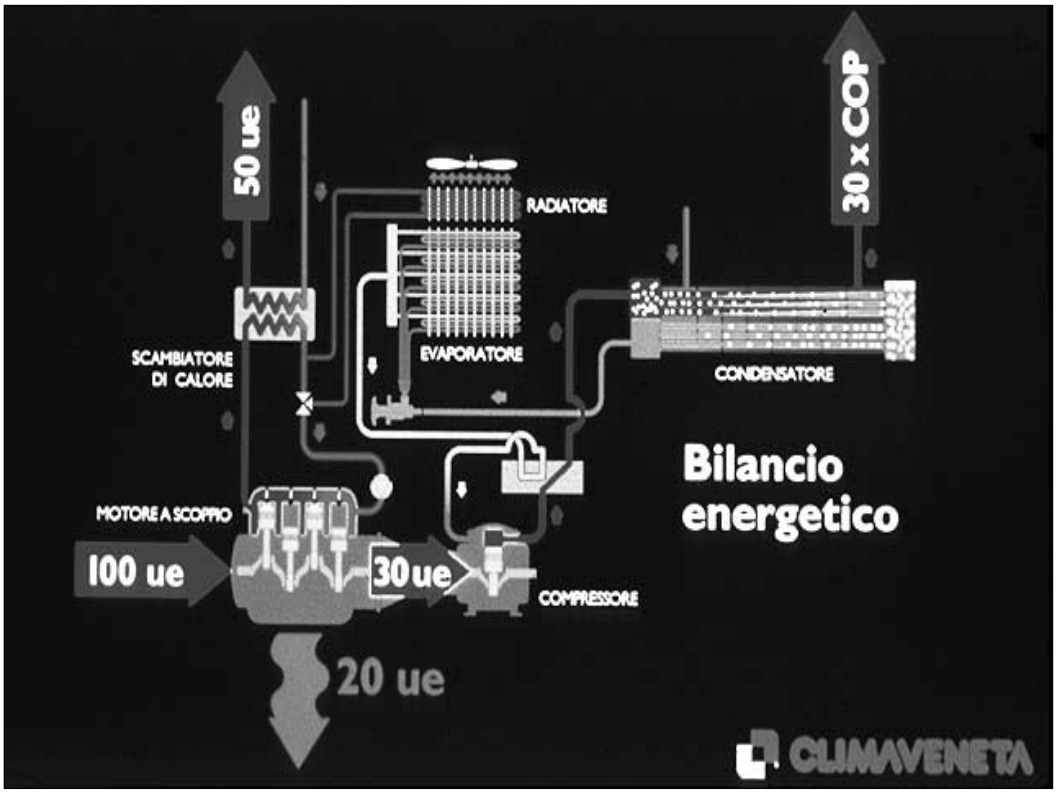


Bild 11

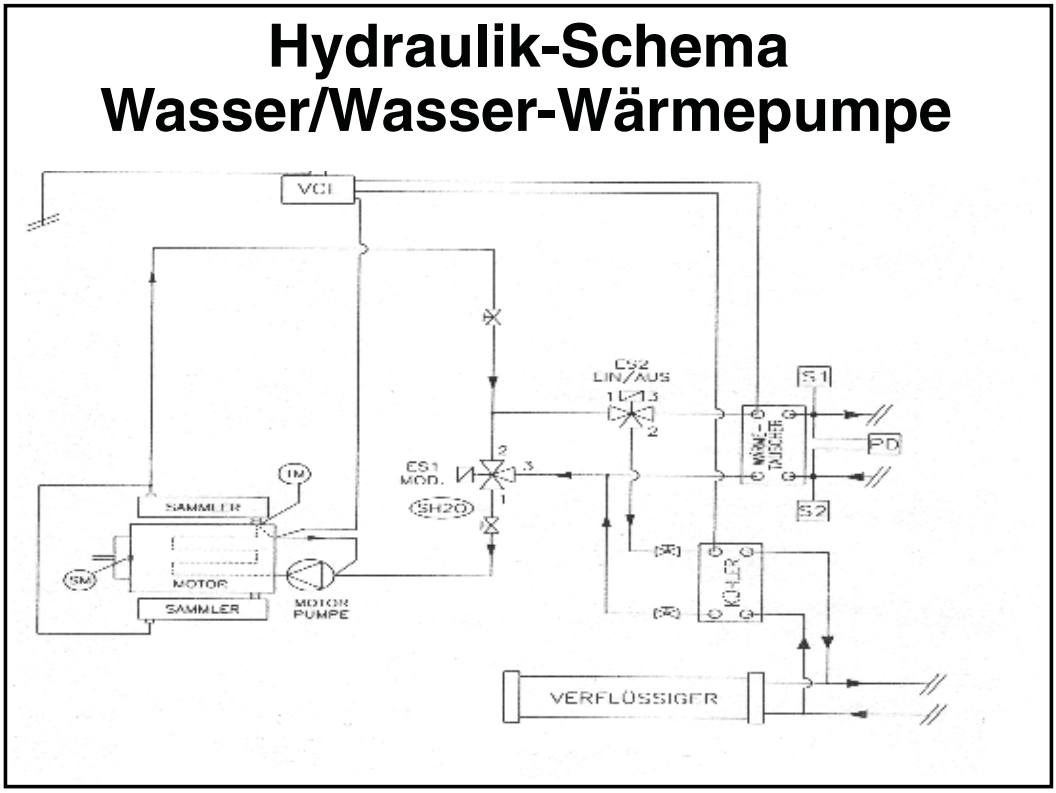


Bild 12

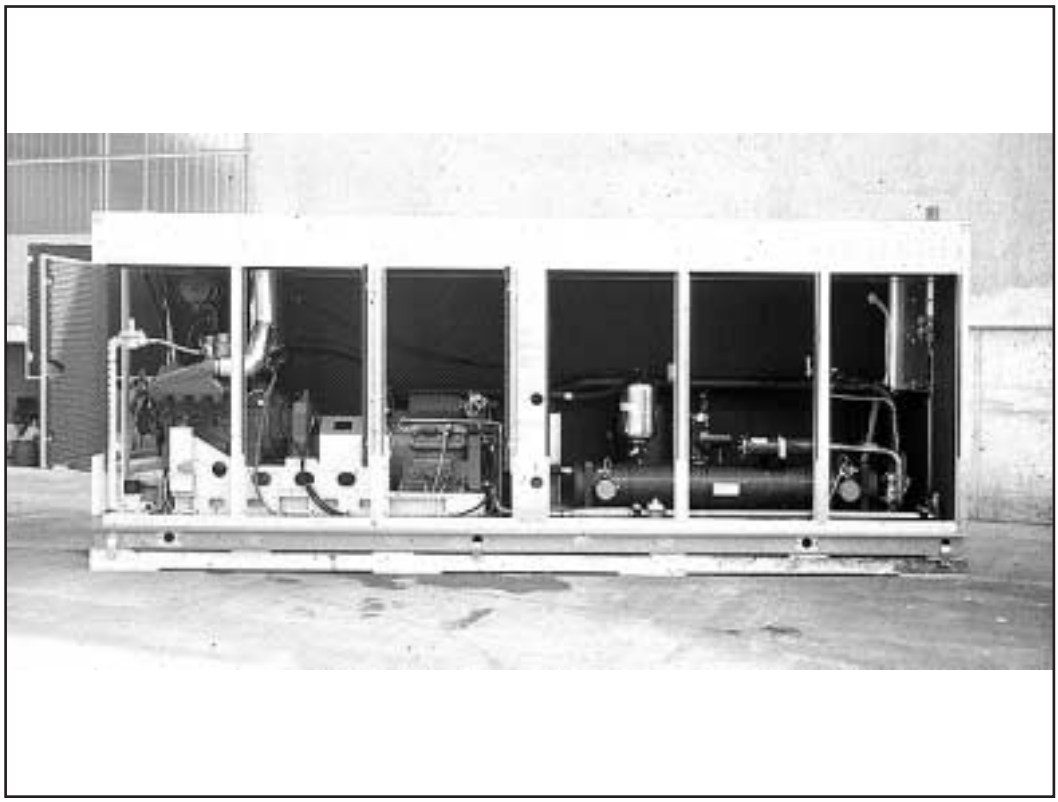


Bild 13

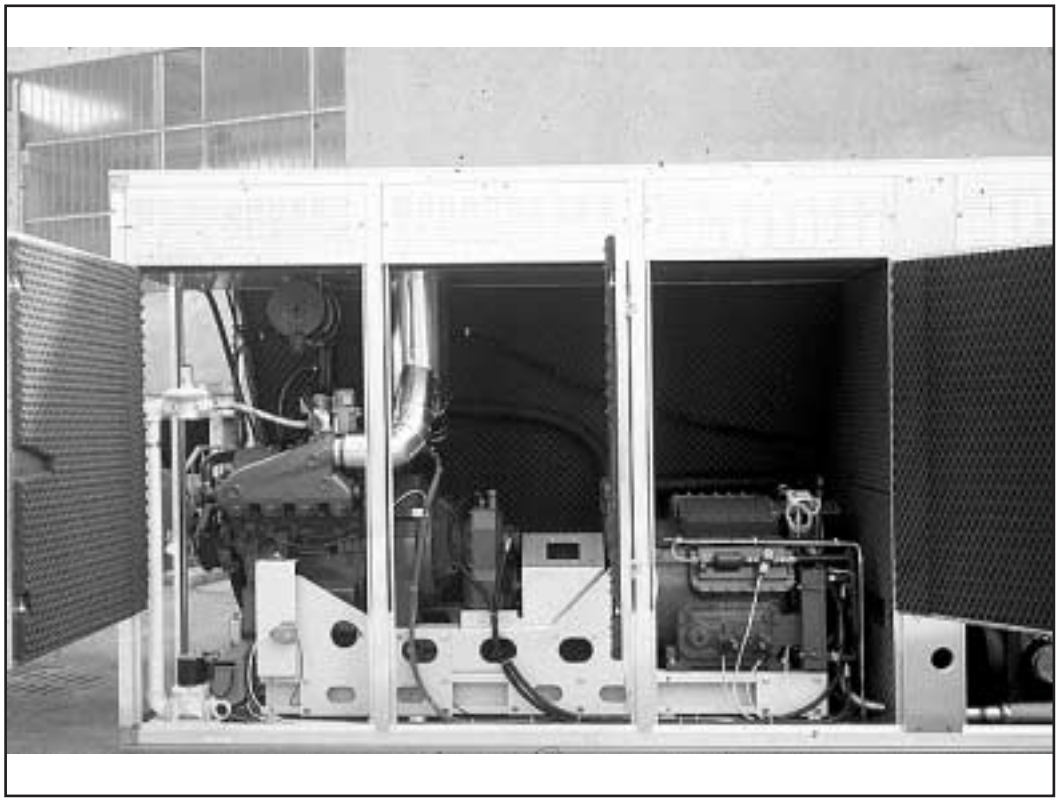


Bild 14

FERNWARTUNG

Alarme empfangen und speichern

Ausdruck von Mitteilungen

Fax-Mitteilung zum Servicecenter

Alarme im Servicecenter manuell speichern

Automatische Benachrichtigung möglich

Bild 15

Gas-Wärmepumpen - Gasmotor
Einsatz in der Nahwärmeversorgung (Exkurs: direktbefeuerte Absorber)

Dipl.-Ing. Horst Jacobowsky, YORK INTERNATIONAL GmbH

Die Kälteerzeugung mit Kompressionskältemaschinen ist die am häufigsten angewendete Technik zur Kälteerzeugung. Noch nicht so bekannt ist die Bereitstellung von Kälte mittels des Absorptionsverfahrens. Dabei wird aus Wärmeenergie Kälte erzeugt. Das Verfahren ist überall dort empfehlenswert, wo Wärme oder Wärmeenergie kostengünstig zur Verfügung gestellt werden können.

Bewährte Wärmequellen für die Absorptionskälteerzeugung sind die Abwärme der Wärme-Kraft-Kopplung, Abwärme von technischen Prozessen, oder Erdgas mit günstigen Konditionen im Sommer und andere Abwärmenutzungen.

Bild 1 zeigt einen Standardabsorber in der sog. Zweikesselbauart. In jedem Kessel sind zwei Bündelrohrwärmetauscher untergebracht.

Die Absorber werden als Standardaggregate in einem großen Leistungsspektrum angeboten. Das Kälteverfahren wird am Beispiel eines einstufigen Absorberflüssigkeitskühlers erläutert **(Bild 2)**.

Wie bei einer Kompressionskältemaschine wird die eigentliche gewünschte Kälteleistung in dem Verdampfer erzeugt. Das Kältemittel Wasser wird in einem Kesselraum mit einem absoluten Druck von ca. 8,2 mbar über das Rohrbündel des Wärmetauschers gesprüht. In den Rohren des Bündelrohrverdampfers fließt das aus der Klimaanlage kommende Kaltwasser mit einer Temperatur von z. B. 12 °C. Diese Temperatur genügt, um das um die Rohre eingespritzte Wasser bei dem niedrigen, dort herrschenden Druck zu verdampfen. Das Kältemittel Wasser ändert bei dieser Verdampfung um die Rohre seinen Aggregatzustand und geht von dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand über. Die dafür notwendige Verdampfungswärme liefert das Klimawasser, welches sich von z. B. 12 °C auf 6 °C abkühlt. Der um die Rohre des Bündelrohrverdampfers entstehende Wasserdampf muss nun ständig abgesaugt werden, um einen kontinuierlichen Kältebetrieb zu ermöglichen. Zu diesem Zweck versprüht eine Lösungsmittelpumpe über die Rohre des Absorberwärmetauschers eine Lithiumbromidlösung. Diese ist sehr hygroskopisch und absorbiert den im Verdampferraum entstandenen Wasserdampf, sie nimmt diesen Dampf begierig auf, der Wasserdampf absorbiert unter Änderung des Aggregatzustandes in die Lithimbromidlösung hinein. Die dabei abgegebene Kondensationswärme muss abgeführt werden. Diese Absorptionswärme wird von dem in den Rohren des Absorberwärmetau-

schers fließenden Kühlwassers aufgenommen und abgeführt. Eine Lösungspumpe fördert das entstandene Lithiumbromid/Wasser-Gemisch von dem unterem Kessel in den oberen mit einem Kältemitteldruck von ca. 80 mbar. Auch in diesem Kessel sind zwei Bündelrohrwärmetauscher installiert. In dem oberen Kessel wird nun durch Wärmezufuhr die flüssige Lithimbromid/Wasser-Lösung durch Wärmezufuhr getrennt. Das Wasser entweicht durch die Wärmezufuhr als Dampf, zurück bleibt die Lithiumbromidlösung. Die reine Lithiumbromidlösung fließt zurück in den Absorber und nimmt wieder neuen Wasserdampf auf. Der im oberen Wärmeaustauscher ausgetriebene Wasserdampf schlägt sich an den kühlen Rohren des Verflüssigerwärmetauschers als Wasserkondensat nieder. Die Kondensationswärme führt das aus dem Absorberwärmetauscher kommende Kühlwasser ab. Das Kondensat sammelt sich im Verflüssiger und fließt über eine Verbindungsleitung zurück in den Verdampfer. Hier steht es wieder zur Verdampfung und damit zur Produktion von Kaltwasser zur Verfügung.

Die Kälteleistung kann durch Zufuhr von Wärmeenergie über ein Regelventil in den Grenzen von 10 bis 100 % quasi proportional geregelt werden. Die Anlagen arbeiten mit sehr guten Teillastwerten. Bei ca. 50 % Kälteleistung werden weniger als 50 % der Volllastwärme benötigt. Durch Stabilisierungs- und Entlastungsregelungen wird ein zuverlässiger Dauerbetrieb der Anlagen erreicht.

Das Kältemittel Wasser in den Absorbern ist das umweltfreundlichste und harmloseste Kältemittel überhaupt. Auch Lithiumbromid und der für die Korrosionsvermeidung notwendig Inhibitor, YORK ADVAGuard haben die Wassergefährdungsklasse 1. Das Kälteverfahren trägt nicht zum Abbau der Ozonschicht bei und der Treibhauseffekt wird bei Einsatz dieser Technik nicht zusätzlich angeheizt.

Weitere Vorteile sind die geringe Geräuschbelastung, keine Übertragung von Körperschall und nur wenig Verschleißteile. Dadurch sind die Absorber die Kältemaschinen mit den niedrigsten Service- und Wartungskosten. Die hohe Verfügbarkeit mit über 96 % sind ein weiterer Pluspunkt.

Absorber können mit Heißwasser, Dampf oder auch direkt mit der Energie des Erdgases betrieben werden. Das **Bild 3** zeigt einen direkt befeuerten Absorber der Großserie, das **Bild 4** den gleichen Typ, eingebaut in der Neuen Messe in München. Diese Aggregate können im Winter auch als Heizer betrieben werden. Gleichzeitiger Kälte- und Heizbetrieb sind ebenfalls möglich. Wenn z. B. 50 % der Wärmeenergie für die Heizung benötigt werden, wird auch nur noch 50 % der max. Kälteleistung produziert.

Aufgrund der großen Nachfrage der Großserie wurde die Kleinserie von direkt befeuerten Absorbern eingeführt. **(Bild 5 + Bild 6)**. Sieben Typen decken einen Leistungsbereich von 106 bis 352 KW ab. Die Heizleistung beträgt 86 bis 286 KW.

Die kompakte Bauweise zeigt **Bild 7** dieser Serie mit abgenommener Blechverkleidung. Ein wichtiges Teil ist der Gasbrenner. Hier wurden wegen der einfacheren Genehmigungsverfahren und der schnellen Ersatzteilbeschaffung deutsche Gasbrenner eingesetzt **(Bild 8)**.

Die besonderen Eigenschaften zeigt **Bild 9**. Dabei ist besonders die gute Leistungszahl der zweistufigen Betriebsweise von 1,14 zu betonen. Diese ist besser als bei einstufigen Absorbern mit Heißwasser oder Dampf, die lediglich ca. 0,7 bis 0,75 erreichen. Damit ist auch die äquivalente Kühlturmleistung entsprechend geringer.

Die **Bilder 10 und 11** zeigen typische Energieprofile von Gebäuden in denen Klima- und Kälteanlagen installiert werden. Die elektrische Stromanschlussspitze ist im Sommer, weil mechanisch mit Elektromotoren angetriebene Kompressionskälteaggregate eingesetzt sind. Dagegen ist die Gasabnahme im Sommer ein Minimum. Durch den Einsatz von direkt befeuerten Absorbern wird die Gasabnahme über das Jahr gleichmäßiger, der Absatz von Gas kann auch im Sommer gesteigert werden. Der Kunde partizipiert durch die Reduzierung der Stromspitzen und Eliminierung der hohen Leistungspreise für diese Spitzenströme im Sommer. Das Gasversorgungsunternehmen kann mit relativ konstanter Abnahme über das Jahr rechnen. Durch interessante ganzjährige Gastarife können solche Anwender für diese Technologie gewonnen werden.

Selbstverständlich müssen alle auf dem europäischen Markt vertriebenen Aggregate euroconform sein. Diese Forderungen sind erfüllt, die Genehmigungsverfahren dafür sind abgeschlossen **(Bild 12)**.

Die gleiche Technik wie bei einstufigen Absorbern bereits beschrieben, gilt ähnlich auch bei den zweistufigen direkt befeuerten Absorbern **(Bild 13)**. Hier treibt in der ersten Stufe (Generator 1) die Wärme des verbrennenden Erdgases den Wasserdampf aus der Lithiumbromidlösung. Der entstehende Dampf wird dann im Generator 2 als Austreiberenergie zur Trennung von Lithiumbromid und Wasser genutzt. Generator 1 und 2 werden von der Lithiumbromid/Wasser-Lösung parallel angeströmt.

Die Schnittstellen eines Systems zeigt **Bild 14**. Hier ist eine enge Zusammenarbeit von Planer, Gasversorger, Endkunde, Anlagenbauer und Kälteaggregatlieferant notwendig. Alle geltenden Vorschriften müssen beachtet werden. Die günstigste Platzierung der Abgasführung und die Aufstellung des Kühlturmes müssen objektbezogen gefunden werden.

Wie bei allen Kälteverfahren ist durch Anhebung der Kaltwassertemperatur, wann immer möglich, erheblich Energieeinsparung erreichbar. Auch das Teillastverhalten muss überprüft und kritisch unter verschiedenen Anbietern verglichen werden **(Bild 15)**.

Ideal ist immer der Einsatz von Aggregaten für den gleichzeitigen Einsatz zur Kälte- und Wärmeerzeugung. Das ist die beste Energieausbeute. Das Beispiel

(Bild 16) zeigt den Energiefluss einer direkt befeuerten Absorberwärmepumpe bei der Entfeuchtung eines Hallenbades. Die dabei entstehende Absorber- und Verflüssigerwärme heizt das Beckenwasser bzw. auch das Brauchwasser vor.

Bei günstiger Konstellation von Strom- und Gastarifen können für potentielle Interessenten Anreize für den Einsatz von direkt befeuerten Gasabsorbern geschaffen werden. Hier sind die Innovationen des Gasvertriebes gefordert. Die Technik ist eine Chance für die Gasversorger auch im Sommer, den Absatz von Gas für die Käteerzeugung zu steigern.

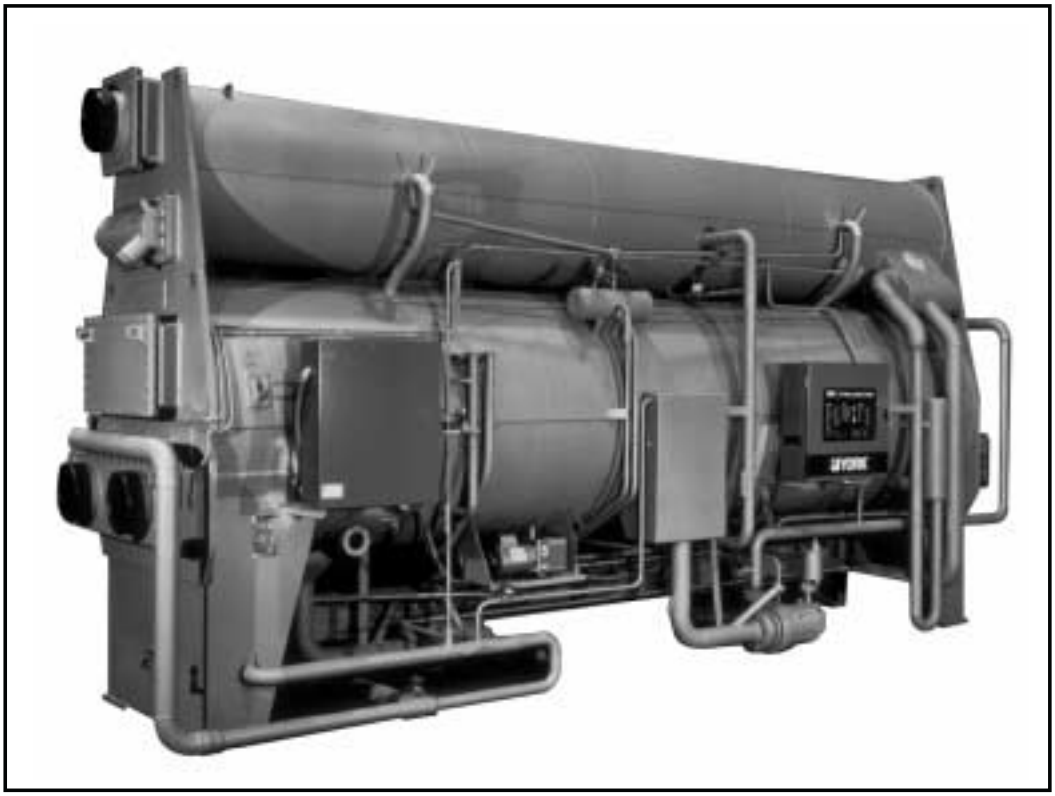


Bild 1

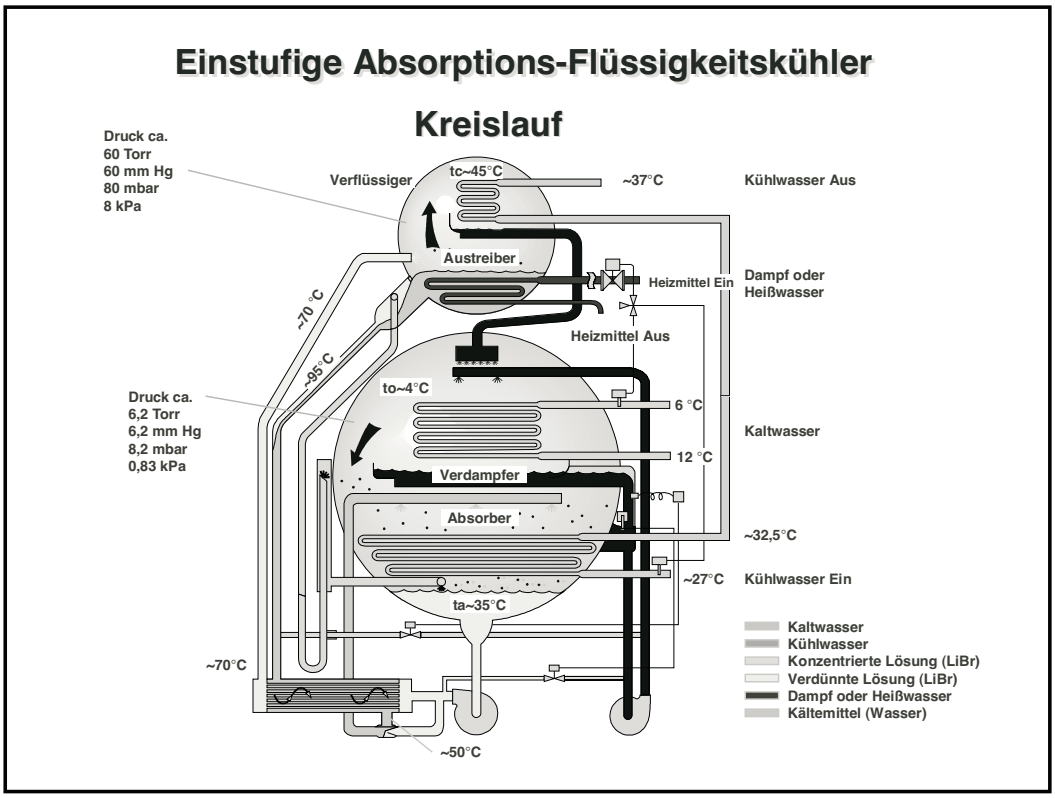

Einstufige Absorptions-Flüssigkeitskühler
Kreislauf
Druck ca.
60 Torr
60 mm Hg
80 mbar
8 kPa
Verflüssiger
tc~45°C
~37°C
Kühlwasser Aus
Austreiber
Heizmittel Ein
Dampf oder
Heißwasser
Heizmittel Aus
~70 °C
~95°C
to~4°C
6 °C
Druck ca.
6,2 Torr
6,2 mm Hg
8,2 mbar
0,83 kPa
Kaltwasser
12 °C
Verdampfer
Absorber
~32,5°C
~27°C
Kühlwasser Ein
ta~35°C
Kaltwasser
Kühlwasser
Konzentrierte Lösung (LiBr)
Verdünnte Lösung (LiBr)
Dampf oder Heißwasser
Kältemittel (Wasser)
~70°C
~50°C

Bild 2

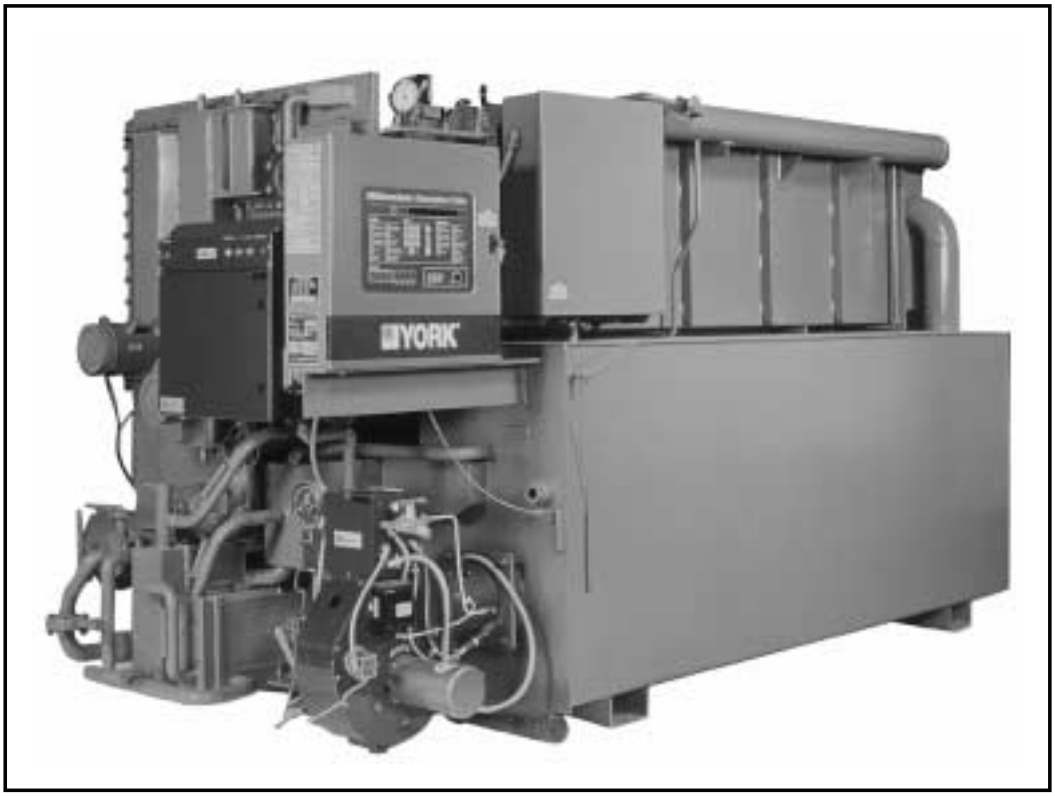


Bild 3

Bild 4

Absorption YMPC-F/EX

Bild 5

Absorption YMPC-F/EX

Mini

ParaFlow

Direkt Befeuert

Bild 6

Bild 7

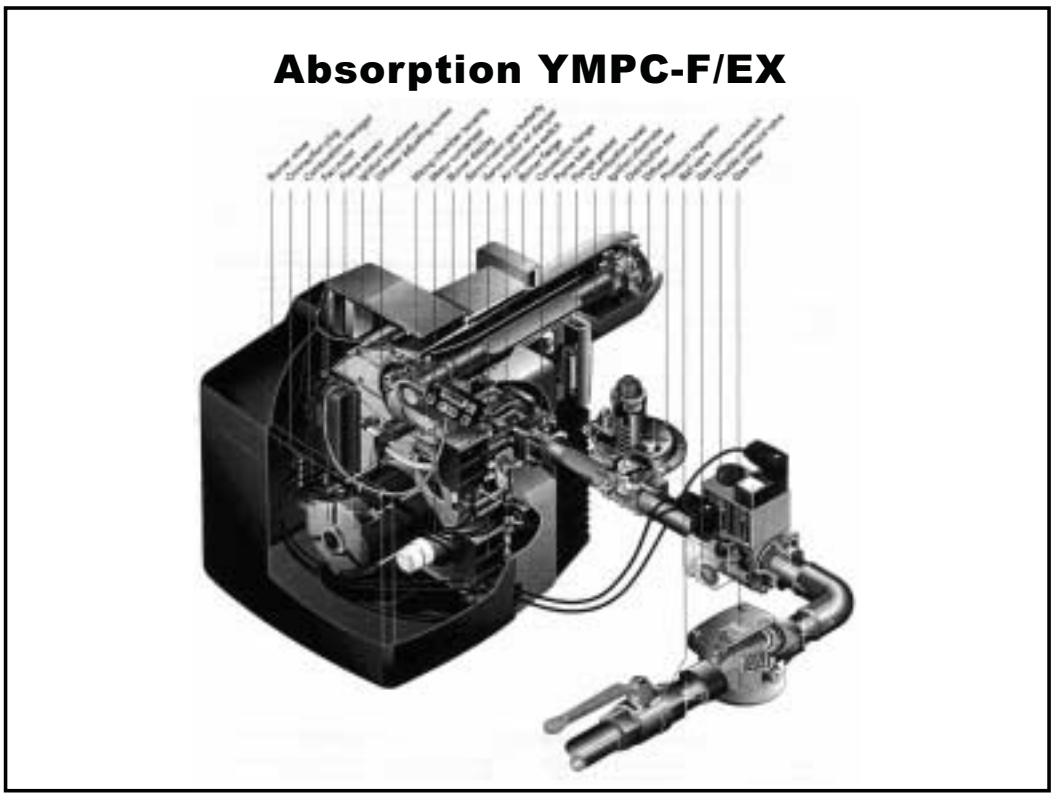


Bild 8

Absorption YMPC-F/EX Eigenschaften

- ☐ Kälteleistung 106 kW bis 352 kW
- ☐ 7 Modelle
- ☐ COP 1,14 H_u
- ☐ Kühlwasser bis 32/38°C = geschlossene RKW möglich
- ☐ Automatisches Entlüftungssystem
- ☐ Umweltfreundlicher Inhibitor

Bild 9

Saisonbedingter Verbrauch

- ☐ Hohe Stromkosten im Sommer durch Spitzenlast
- ☐ Niedrige Gaspreise im Sommer möglich
- ☐ Geringere Lieferungen an Endkunden
- ☐ Gleichbleibende Abnahmeverpflichtung
- ☐ Reduzierte Lagerverluste

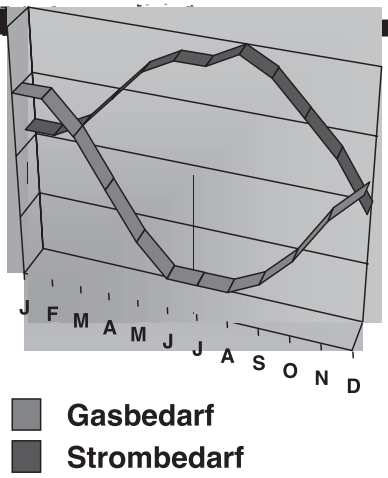


Bild 10

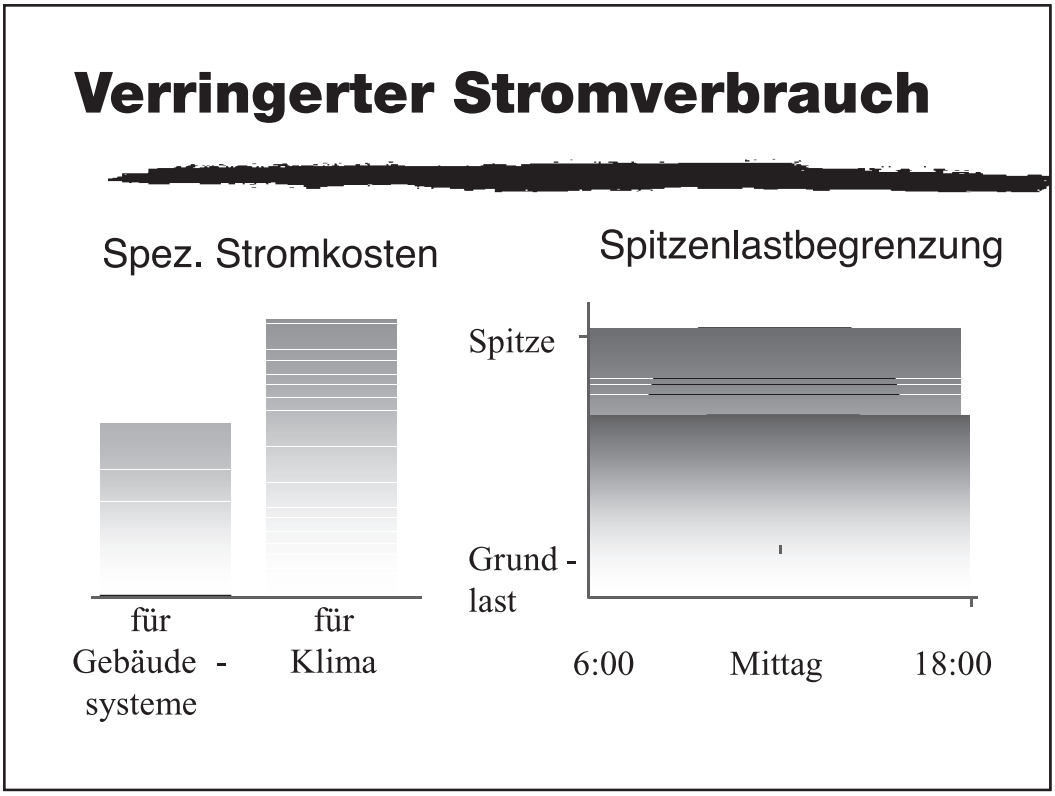


Bild 11

Absorption YMPC-F/EX
Was ist CE/EN

CE/EN-Abnahme (EG-Baumusterprüfung) gilt für ganz Europa

Sie deckt ab

- ☐ Elektrische Teile
- ☐ Brenner
- ☐ Gerätekörper einschl. Flammraum
- ☐ Keine länderspezifischeAbnahme erforderlich

Bild 12

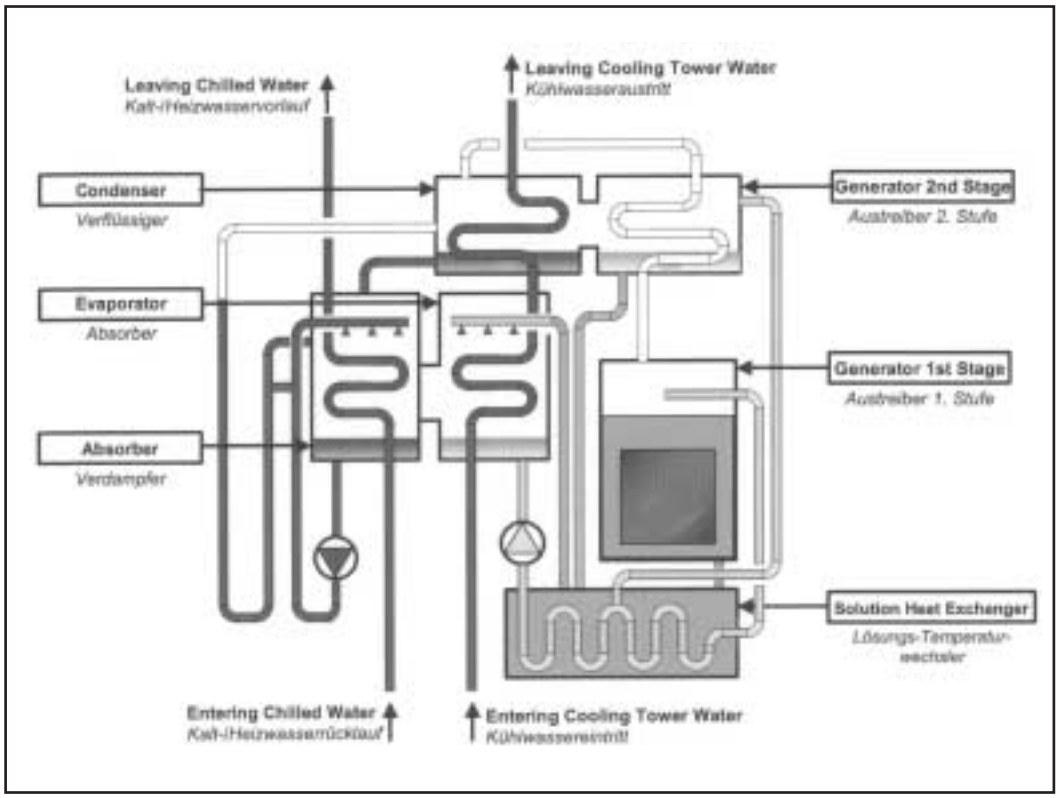


Bild 13

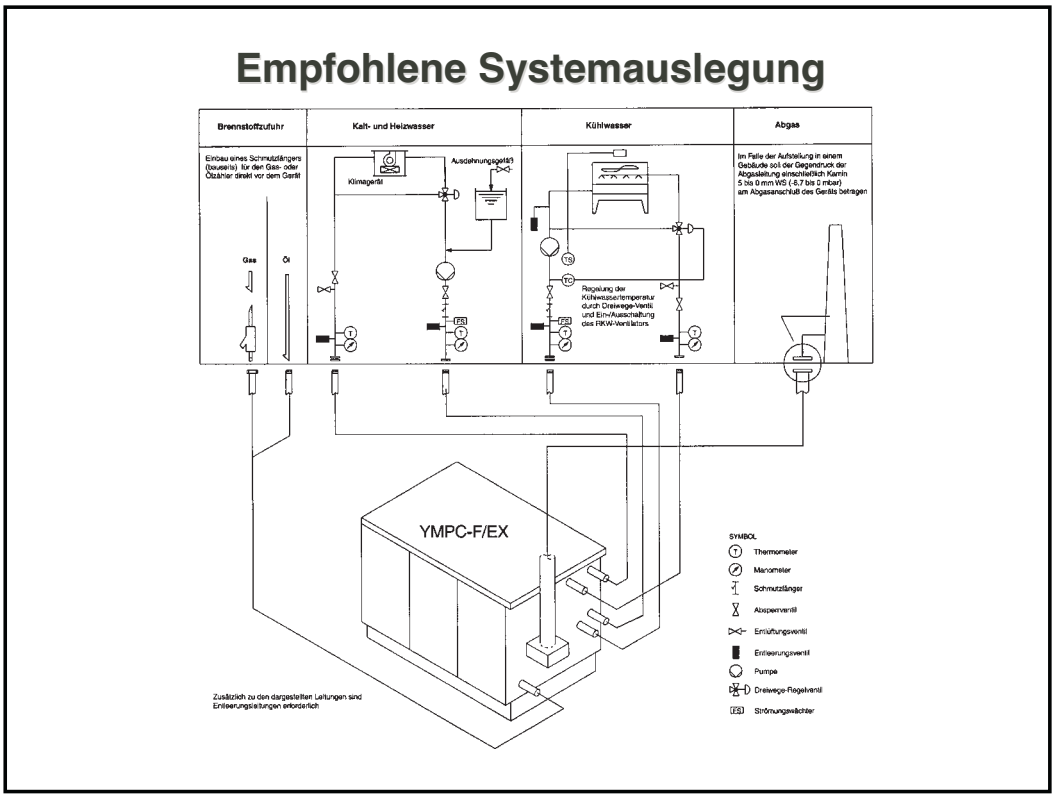


Bild 14

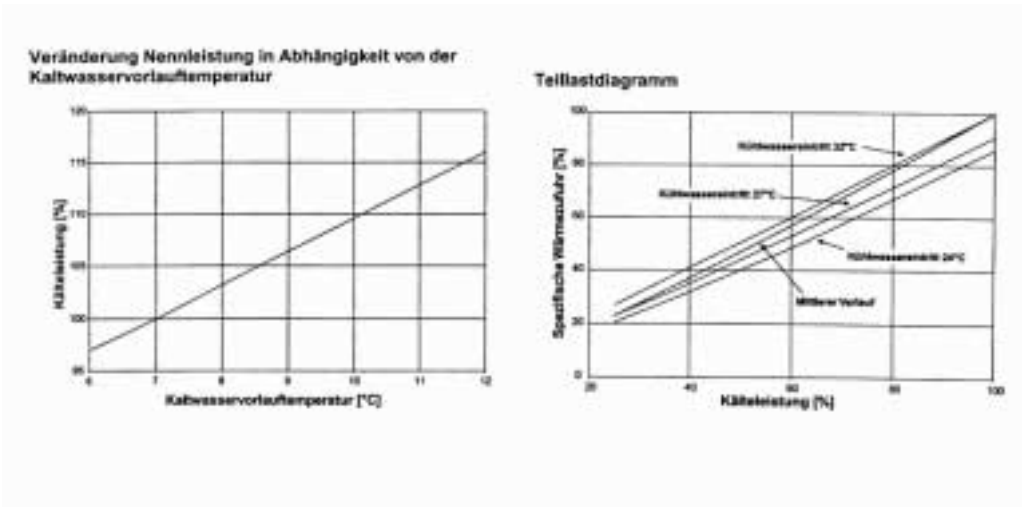


Bild 15

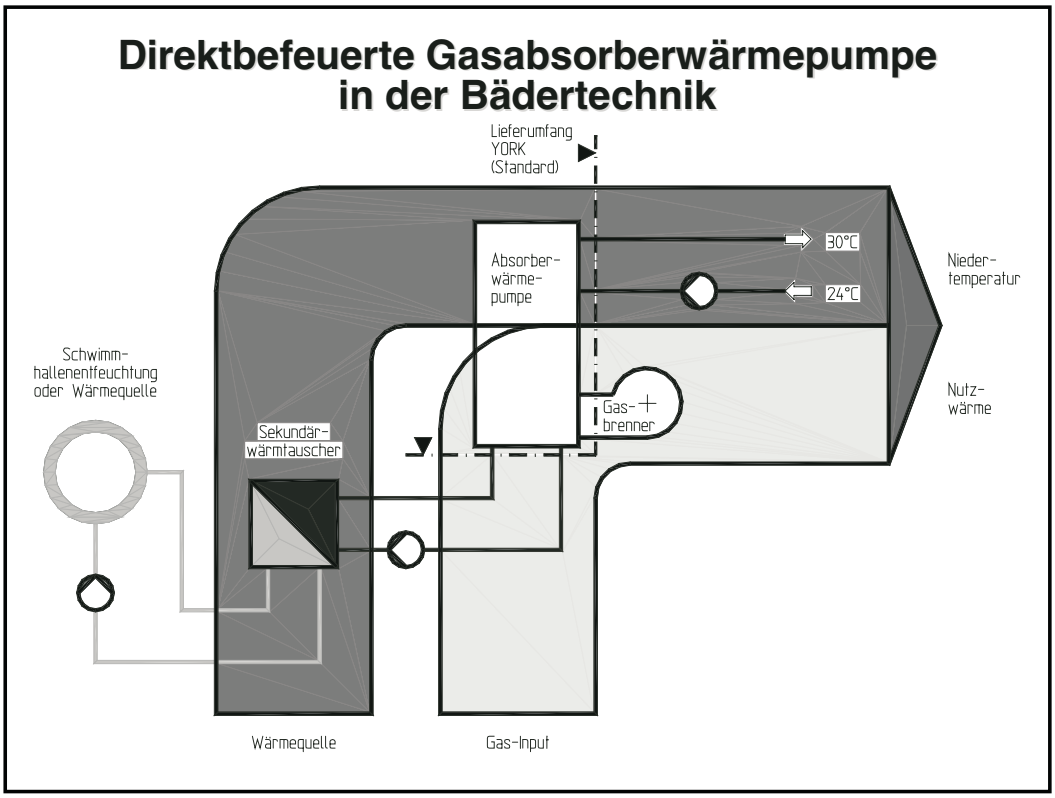


Bild 16

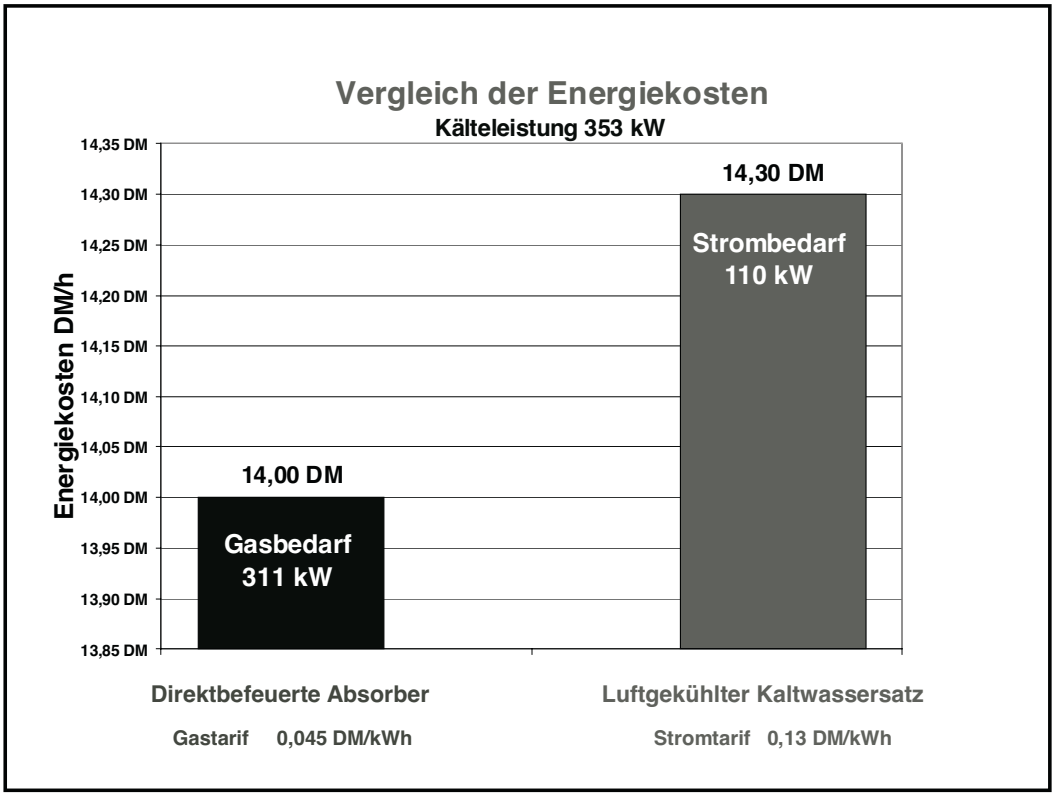

Vergleich der Energiekosten
Kälteleistung 353 kW
Energiekosten DM/h
14,35 DM
14,30 DM
14,25 DM
14,20 DM
14,15 DM
14,10 DM
14,05 DM
14,00 DM
13,95 DM
13,90 DM
13,85 DM
14,00 DM
Gasbedarf
311 kW
14,30 DM
Strombedarf
110 kW
Direktbefeuerte Absorber
Gastarif 0,045 DM/kWh
Luftgekühlter Kaltwassersatz
Stromtarif 0,13 DM/kWh

Bild 17

Gas-Kälteanlagen - Absorber
Einsatz im Kommunikationszentrum, Fulda (Exkurs: Neues Produktangebot direktbefeuerte Absorber)

Dipl.-Ing. Thomas Sippel, Ges. für GasKlima mbH, Maintal

1. Einleitung

Die Kühlung von Gebäuden und Prozessen mittels Absorptionskältetechnik ist weltweit im Aufwind. Ihre hohe Wirtschaftlichkeit, die weitgehende Unabhängigkeit von der elektrischen Stromversorgung sowie die Möglichkeit, die unterschiedlichsten Energieformen wie z.B. Erdgas, Dampf, Fernwärme, Abwärme aus Mikroturbinen und BHKW oder Solarenergie als Antriebsenergie zu nutzen, eröffnen ein breites Anwendungsspektrum.

Unter der Vielfalt an Absorptionskühlern nimmt der direktgefeuerte Flüssigkeitskühler/-Heizer eine besondere Stellung ein. Durch die direkte Umwandlung von Primärenergie in Kälte bei zusätzlicher Nutzung oder Auskopplung der Wärme für Heizzwecke ist man unabhängig von der Leistung der elektrischen Infrastruktur – ein wichtiges Argument in einem liberalisierten Strommarkt. Durch den Wegfall des teuren Spitzenstroms sowie das Angebot einzelner Gasversorger, die sommerliche Gasabnahme durch Sondertarife zu fördern, ergeben sich sehr interessante Rahmenbedingungen.

2. Bericht über den Einsatz einer Gas-Absorptionswärmepumpe im ITZ Fulda

2.1 Der alte Schlachthof im neuen Glanz

Das Faszinierende an historischen Bauten ist ihr Gesicht, ihre Fassade. Hier zeigt sich Charme und Charakter der Architektur, spiegelt sich Stil und Geschmack vergangener Zeiten. Anfang letzten Jahrhunderts im Jugendstiel erbaut, ist der unter Denkmalschutz stehende Industriebau zu einem markanten Teil des Stadtbildes von Fulda geworden. Nach knapp 18-monatiger Bauzeit ist nun das Informationstechnologie- Gründer- und Multimediazentrum, kurz ITZ, im September 2001 eingeweiht worden. Das vom Land Hessen geförderte Projekt vereinigt etablierte IT-Firmen, IT-Gründer und moderne Konferenz- und Multimediaräume. Dort wo ehemals Schweinehälften hingen, befinden sich heute insgesamt 4.630 m² Büro- und Funktionsflächen. Im Existenzgründerteil des ITZ arbeiten junge Unternehmen, die zum Teil erst in diesem Jahr gegründet wurden. Drei modern eingerichtete Konferenzräume und ein Multimediaareal stehen auch externen Nutzern zur Verfügung. Auf dem 11.000 m² großen Schlachthofareal stehen dazu mehr als 200 Parkplätze zur Verfügung.

2.1 Wärme und Kälte aus der Erde

Auch bei der Wärme- und Kälteerzeugung setzt das ITZ Maßstäbe durch seine umweltverträgliche und energieeinsparende Konzeption. So entwarf die GWV, Fulda, in Zusammenarbeit mit Spezialisten eine Gas-Absorptions-Wärmepumpenanlage, die über Tiefenpumpen Wasser aus der Fuldaaue im Sommer zur Kühlung und im Winter zur Wärmegewinnung einsetzt.

Wichtig für den erfolgreichen Einsatz der Wärmepumpenanlage war die genaue Abstimmung zwischen Wärmequelle, Wärmepumpe und Wärmenutzung respektive Wärmeverteilung. Die Wärmepumpe ist somit nur ein Bestandteil des gesamten Wärme-Kältesystems. Zunächst galt das vordergründige Interesse der Wärmequelle, denn eine Wärmepumpe kann stets nur so gut sein, wie die ihr zur Verfügung stehende Wärmequelle.

Anhand einer Entscheidungsmatrix **(Bild 2)** hat man sich für die Nutzung des Grundwassers ausgesprochen, hierzu musste ein Genehmigungsverfahren bei der unteren Wasserbehörde durchlaufen und Pumpversuche im Vorfeld durchgeführt werden. Die benötigte Zeit muss bei der Planung solcher Anlagen berücksichtigt werden. Vorweg genommen, blieb die Förderleistung des Brunnens unter Betriebsbedingungen hinter den Erwartungen zurück, sodass zur Zeit noch an einer Optimierung gearbeitet werden muss.

2.2 Wärme- und Kälteverteilung

Ein weiterer und sehr entscheidender Einfluss auf die Konzeption der Wärmepumpenanlage nimmt die Auswahl der eingesetzten Endgeräte, sprich Heiz- und Kühlsysteme. Am theoretischen Ansatz entlang, möglichst niedrige Heiz- und hohe Kühltemperaturen zu realisieren, sind schon viele Wärmepumpenprojekte aufgrund erheblicher Mehrkosten gescheitert. Im ITZ konnte dies nicht geschehen, die Anforderungen waren in einem Contracting Papier klar definiert. Zum Einsatz kamen konventionelle Heiz- und Kühleinrichtungen, wobei für die Heizkörperauslegung eine Anpassung auf Eintritt/Austritt 70/35 °C stattfand. Die Mehrkosten in diesem Bereich waren akzeptabel. Die Wärmeverteilung wurde daher auf dem Temperaturniveau 70/35°, gleitend nach Außentemperatur und die Kälteverteilung auf 6/12 °C festgelegt. Die Besonderheit hierbei ist die sehr große Temperaturspreizung im Heizungskreis, die einerseits eine exakte Volumenstromeinstellung an den Verbrauchern erfordert, andererseits aber auch sehr viel Pumpenenergie durch eine Reduzierung des umgewälzten Heizungswassers einspart. Die Schnittstelle zur Contracting Anlage (GWV) ist der Heiz- respektive der Kaltwasserverteiler.

2.3 Wärme- und Kälteerzeugungsanlage

Die Anlage besteht aus einer Kombination von vier Gas-Absorptionswärmepumpen, die zusammengestellt und in Kaskade Lastabhängig angefordert

werden sowie einem nachgeschalteten Gas-Spitzenlastkessel. Auf der Heizseite ist ein Schichtspeicher gleichzeitig zur hydraulischen Trennung vom Hausnetz integriert. Das Kältenetz wird hydraulisch durch einen Plattenwärmetauscher getrennt. Zur Nutzung des Brunnenwassers sind ebenfalls je ein Plattenwärmetauscher für den Wärmeentzug, zur Abführung der sommerlichen Abwärme sowie zur Freikühlung installiert. Die Bereitstellung von Heiz- und Kaltwasser erfolgt ganzjährig.

2.4 Funktion der Gas-Absorptionswärmepumpe

Das Brunnenwasser steht mit einer durchschnittlichen Temperatur von 10 °C zur Verfügung, damit kann im beschränkten Umfang eine Freikühlung in der Übergangsjahreszeit erfolgen, zur Wärmeerzeugung muss dem Wärmepumpenprozess thermischer Energie in Form von Erdgas zugeführt und die Umweltwärme sozusagen auf ein höheres Temperaturniveau gepumpt werden. Die Funktionsweise im Heizbetrieb soll kurz erläutert werden.

- Im Austreiber der Absorptionswärmepumpe wird ein Stoffgemisch aus Ammoniak und Wasser durch Erhitzen getrennt. Das ca. 120 °C heiße, dampfförmige Kältemittel wird über den Kondensator geleitet, gibt hierbei einen Großteil seiner Wärme an das Heizungswasser ab und verflüssigt sich.

- Anschließend durchströmt das Kältemittel eine Drossel, wird dabei entspannt und gelangt mit einer Temperatur zwischen 0 und –4 °C in den Verdampfer. Hier entzieht es dem angeschlossenen Kaltwassernetz Wärme, wodurch die Temperatur des Kältemittels bis auf 5 °C ansteigt und dabei verdampft.

- Im nachgeschalteten Absorber wird der Kältemitteldampf zunächst in einem Vorabsorber mit der im Austreiber verbliebenen, armen Lösung (Wasser) besprüht. Die arme Lösung absorbiert, d.h. bindet den Kältemitteldampf, wobei zusätzlich die Verdampfungswärme frei wird. Damit dieser Vorgang vollständig erfolgt, wird in einem weiteren Wärmetauscher die Lösungs- und Verdampfungswärme an das Heizungswasser übertragen.

- Die nun auf ca. 40 °C abgekühlte reiche Lösung wird über die Lösungspumpe und mehrere Zwischenstufen zur Wärmerückgewinnung zum Austreiber gepumpt, wo der Zyklus erneut beginnt.

Die Absorptionswärmepumpe macht demnach zusätzlich zur Generatorantriebswärme auch die dem Kaltwassernetz entzogene Verdampfungswärme nutzbar, wodurch der thermische Wirkungsgrad, wie man ihn von Heizkesseln oder Brennwertgeräten kennt, erheblich gesteigert wird. Da das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand wegen des Energiegewinnes aus der Umwelt größer 1 ist,

verwendet man hierfür den Begriff Heizzahl. Bezogen auf Prüfstandsmesswerte können Heizzahlen bis 1,58 erwartet werden. Bei 100 % Primärenergieeinsatz bedeutet dies einen zusätzlichen Wärmegewinn von 58 % aus der Umwelt.

2.5 Resümee

Die Konzeption der Anlage erfolgte unter strengen Anforderungen hinsichtlich Optimierung der Anlagengesamtkosten und möglichst niedrigem Primärenergieverbrauch. Nach dem bisher 8-wöchigen Lastbetrieb kann festgestellt werden, dass die Funktionalität der Anlage den Erwartungen entspricht. Optimierungsbedarf besteht hinsichtlich Brunnenfördermenge und Einstellung der Durchflussmengen in der Heiz- und Kaltwasserverteilung. Grundsätzlich ergeben sich durch die technologischen Besonderheiten des Absorptionsprozesses Vorteile zu anderen Wärmepumpenverfahren.

3. Neue Produkte und Anwendungen

3.1 Kompakte Kleinabsorber für den Heiz- und Kühlbetrieb

Anlässlich der IKK 2001 in Hannover wurde eine neue Baureihe gasbefeuerter Absorptionskältemaschinen im Leistungsbereich von 16 bis 116 kW, die bis zu 75 Raum-Innengeräte mit Kalt- oder Heizwasser versorgen und gleichzeitig Brauchwarmwasser erzeugen können, vorgestellt.

Die neueste Generation, von der jährlich mehr als 70.000 Geräte produziert werden sollen, vereinigt erstmals alle Komponenten für den vollautomatischen Betrieb eines zweistufigen LiBr-Wasser Absorbers incl. Regelung und Pumpen. Die Leistungsregelung erfolgt modular zwischen 10–100 %, wobei die Umschaltdauer von Heiz- auf Kühlbetrieb je nach Gerätegröße zwischen 3 bis 10 Minuten dauert. Für Planer, Betreiber, EVU´s und Installationsbetriebe dürfte interessant sein, dass mit diesem Kompaktsystem in Kombination mit Ventilatorkonvektor-Innengeräten (Truhen-, Wand-, Stand-, Highwall-, Deckengeräten etc.) recht einfach wasserbasierte Klima-/Heizungslösungen für Wohnungen, Shops, Restaurants etc. bis hin zu kleineren Bürogebäuden realisiert werden können.

3.2 Multifunktionale Absorptionskühler/-Heizer

Alle Arten von Gebäuden sowie Fern- oder Nahversorgungsanlagen mit größerem Leistungsbedarf und meist höherem Anspruch an individuellen Ausführungsmerkmalen, können durch die Modellreihe DFA mit Heiz- Kalt- und Brauchwarmwasser versorgt werden. Der wirtschaftlich interessanteste Gesichtpunkt ist eindeutig die Multifunktionalität der Geräte, die nicht nur bei der Anschaffung sondern auch bei der Betriebsführung und Unterhaltung erhebliche Einsparungspotentiale eröffnet.

Gas-Kälteanlagen-Absorber

- Einsatz im **I**nformations-**T**echnologie-**Z**entrum (**ITZ**) in Fulda

- Neue Produkte und Anwendungen

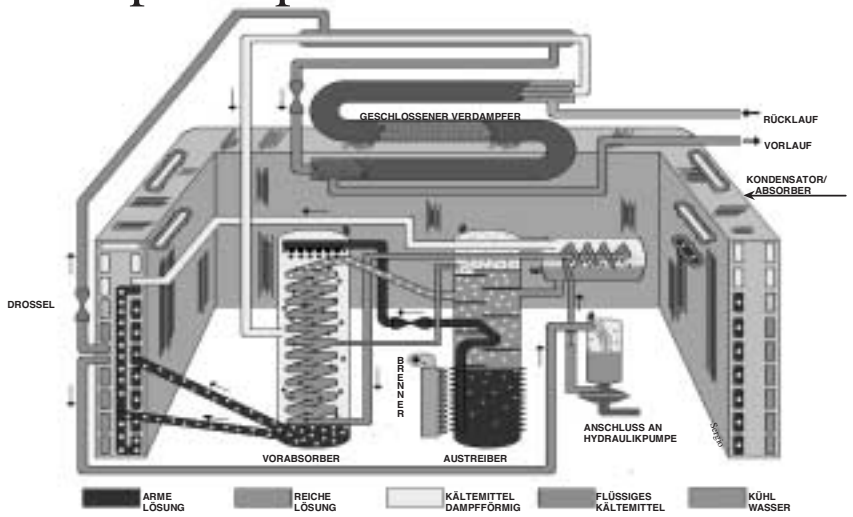
Bild 1

Entscheidungsmatrix für die Wärmequellennutzung

Wärmequelle	***Wasser***	**Luft**	**Erdreich**
Anwendungen	- ***Grundwasser*** - Quellwasser - Tiefen- oder Thermalwasser - Flusswasser - Seewasser - Meerwasser - Kühlwasser aus techn. Prozessen - Abwässer	***- Außenluft*** - Abluft - Massiv-Absorber	- Oberflächennahe Rohrschlangen in 1 bis 2 Meter Tiefe - thermisch aktivierte Spund- bzw. Schlitzwände oder Bodenplatten ***- Erdsonden bis 100 Meter Tiefe*** - Erdwärmesonden als Hochtemperaturspeicher mit z.B. Solarbeladung
Genehmigungspflicht	***Ja***	**Nein**	**Ja**
Ganzjährige Wärmepumpenheizung	***Ja***	**Nein**	**Ja**
Eignung zur Freikühlung	***Ja***	**Nein**	**Bedingt**
Kosten je Watt Wärmeentzugsleistung	***0,70 DM***	**0 DM**	**2,50 DM**

Bild 2

Absorptionsprozess "HE-Ausführung"



Einstufiger Absorptionszyklus

Direktbefeuert:	Vormisch-Multigasbr.
Stoffpaar:	Ammoniak/Wasser
Verdampfer:	Rohrbündelwärmet.
Kondensator/Abs.:	Plattenwärmetauscher

Bild 3

Vorteile des Absorptionsprozesses beim Wärmepumpeneinsatz

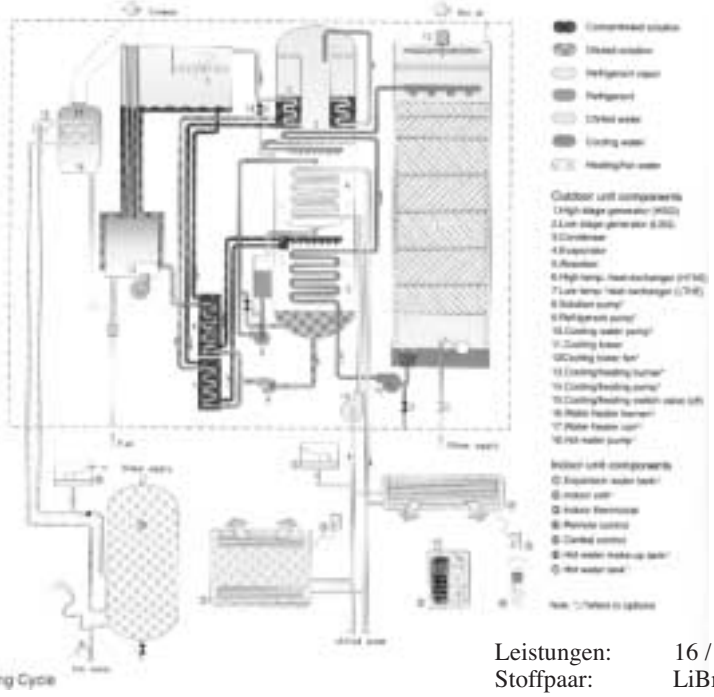
- Nahezu vibrations- und geräuschfreie Betriebsweise
- Kaum Verschleißteile, daher lange Nutzungsdauer
- Sehr gute Wärmeausbeute bei relativ kleiner Wärmeentzugsleistung
- Hohe Heizzahl im Anwendungsbereich zwischen 35 und 48°C
- Geringe Störanfälligkeit durch bewährte Technologie
- Einsatz des Stoffpaares NH_3/H_2O bis zu –10°C Soletemperatur, damit können beliebige Wärmequellen genutzt werden

Bild 4

Kompaktabsorber für den Heiz- und Kühlbetrieb

Bild 5

BCT im Kühlbetrieb



Leistungen: 16 / 23 / 70 / 116 kW
Stoffpaar: LiBr / H_2O

Bild 6

BCT im Heizbetrieb

Bild 7

Vorteile des Kompaktabsorbers im Klimatisierungseinsatz von 300 bis 2500 m² Nutzfläche

- Nahezu vibrationsfreie und geräuscharme Betriebsweise
- Einfachste Installation durch komplette Systemlösung zur Außenaufstellung
- Kaum Verschleißteile, daher lange Nutzungsdauer
- Hoher C.O.P. > 1 durch zweistufigen LiBr-H_2O Absorptionszyklus
- Geringer Wartungsaufwand durch kristallisationsfreie Konstruktion und einmaliges Entlüftungsintervall im Jahr
- Kein Problem für den ortsansässigen Heizungs-Sanitär-Installationsbetrieb

Bild 8

DFA Multifunktionaler Absorptionskühler / -Heizer

Kühlen / Heizen + Warmwasserbereitung
Leistungen: 116 – 11.600 kW
Stoffpaar: LiBr / H_2O

Bild 9

DFA mit simultaner Heiz- und Kühlfunktion

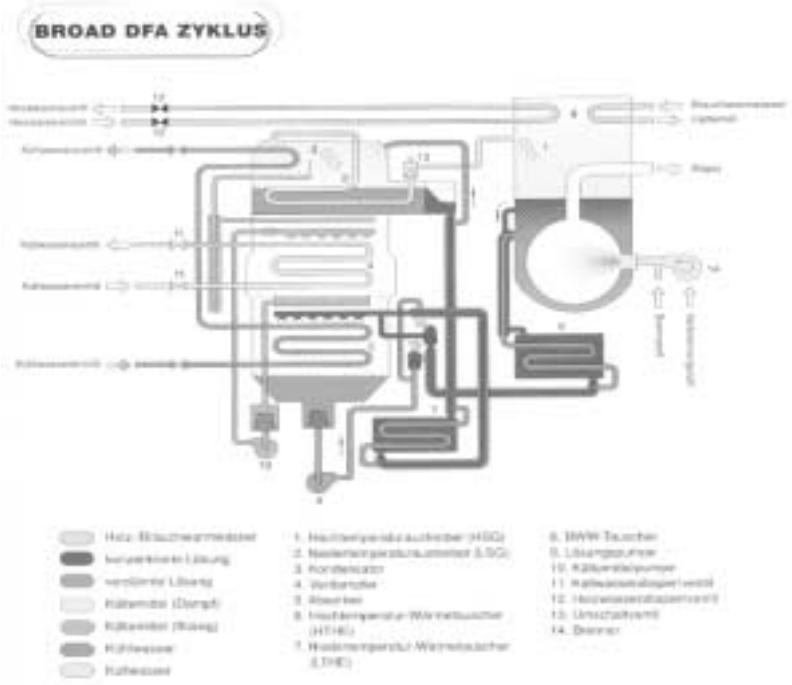


Bild 10

Vorteile bei Einsatz des Absorptionskühler / - Heizers DFA

- Gegenüber den Kompaktabsorbern werden Spitzen-C.O.P. bis 1,5 im Teillastbereich erreicht.
- Individuelle Leistungsanpassung
- Einsparung an Technikfläche bis zu 50% gegenüber konv. Installationen
- Wärmepumpeneinsatz durch simultane Betriebsweise, jedoch mit Einschränkung der Verdampfungs-temperatur >3°C
- Max. Heiztemperaturen bis 95°C
- Hoher Jahresnutzungsgrad durch ganzjährige Betriebsweise

Bild 11

Autorenverzeichnis

Dr.-Ing. Christian Hainbach
I.KET
Institut für Kälte-, Klima-,
Energie-Technik
Kruppstraße 82
45145 Essen

Dipl.-Ing. Dieter Lotz
Buderus Heiztechnik GmbH
MI
Justus-Kilian-Straße 1
35457 Lollar

Dipl.-Ing. Horst Jacobowsky
YORK INTERNATIONAL GmbH
Gottlieb-Daimler-Straße 6
68165 Mannheim

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Pfeiffenberger
Ingenieur-Gesellschaft
Pfeiffenberger mbH
Schleussnerstr. 42
63263 Neu-Isenburg

Dipl.-Ing. Walter Schindler
Climaveneta Deutschland GmbH
Oststraße 122
22844 Norderstedt

Dipl.-Ing. Thomas Sippel
Gesellschaft für GasKlima mbH
Robert-Bosch-Str. 17 a
63477 Maintal

Fachliche Leitung
Dipl.-Ing. Klaus Moll
Gas- und Wasserversorgung
Osthessen GmbH
Gas- und Wasserversorgung
Fulda GmbH
Rangstraße 10
36043 Fulda

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

Die 1977 gegründete ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., ein Zusammenschluss von 44 Gasversorgungsunternehmen, fördert die Weiterentwicklung und weitere Verbreitung sparsamer und umweltschonender Technologien auf Erdgasbasis.

Solchen Techniken den Weg in die praktische Anwendung zu ebnen, ist das vorrangige Ziel der ASUE.

Aktivitäten

Fachtagungen
Veröffentlichungen
Preis der deutschen Gaswirtschaft

Arbeitskreise

Brennstoffzellen / Blockheizkraftwerke
Energiedienstleistungen
Erdgas und Umwelt
Gasturbinentechnik
Gaswärmepumpen und Kältetechnik
Haustechnik

Mitgliedsunternehmen:

Badische Gas- und Elektrizitätsversorgung AG, Lörrach
Bayerngas GmbH, München
BEB Erdgas und Erdöl GmbH, Hannover
Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH
DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH
egm Erdgas Mitteldeutschland GmbH, Kassel
EMB Erdgas Mark Brandenburg GmbH, Potsdam
Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG, Göppingen
Erdgas Mittelsachsen GmbH, Schönebeck
Erdgas Schwaben GmbH, Augsburg
Erdgas Südbayern GmbH, München
Erdgas Südsachsen GmbH, Chemnitz
Erdgas-Verkaufs-Gesellschaft mbH, Münster
Erdgasversorgungsgesellschaft Thüringen-Sachsen mbH (EVG), Erfurt
Ferngas Nordbayern GmbH, Bamberg
Ferngas Salzgitter GmbH
GASAG Berliner Gaswerke AG
Gasanstalt Kaiserslautern AG
Gasfernversorgung Mittelbaden GmbH, Offenburg
Gas- und Wasserversorgung Osthessen GmbH, Fulda
Gas-Union GmbH, Frankfurt
Gasversorgung Main-Kinzig GmbH, Gelnhausen
Gasversorgung Süddeutschland GmbH, Stuttgart
Gasversorgung Westerwald GmbH, Höhr-Grenzhausen
Gasversorgung Westfalica GmbH, Bad Oeynhausen
Gaswerksverband Rheingau AG, Wiesbaden
HEIN GAS Hamburger Gaswerke GmbH
MITGAS Mitteldeutsche Gasversorgung GmbH, Gröbers
Niederrheinische Gas- und Wasserwerke GmbH, Duisburg
Mainova AG, Frankfurt
Oberhessische Gasversorgung GmbH, Friedberg
RGW Rechtsrheinische Gas- und Wasserversorgung AG, Köln
Ruhrgas AG, Essen
RWE Gas AG, Dortmund
Saar Ferngas AG, Saarbrücken
SpreeGas GmbH, Cottbus
Stadtwerke Essen AG
Stadtwerke Neuss Energie und Wasser GmbH
Stadtwerke Paderborn GmbH
Südhessische Gas und Wasser AG, Darmstadt
Thüga AG, München
Thyssengas GmbH, Duisburg
VNG – Verbundnetz Gas AG, Leipzig
Wingas GmbH, Kassel