Zum Stand der Technik von Gaswärmepumpen

Autor(en): **Rostek, Horst**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 41

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85556

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

führt, da in diesem Fall nur ein Teil der Gesamtenergie in den Deckenhohlraum oberhalb des Empfangsraumes übertragen wird.

Vergleich zwischen einem seitlich geschlossenen (reflektierenden) und einem seitlich offenen (absorbierenden) Hohlraum

Wie schon oben festgestellt, liefert ein Deckenhohlraum mit seitlich offenen Abschlüssen eine höhere Schalldämmung als ein solcher mit geschlossenen Abschlüssen. Der Grund für diesen Unterschied ist im vorangegangenen Kapitel erläutert worden.

Laboruntersuchungen haben gezeigt, dass der Unterschied in der Schalldämmung zwischen einem geschlossenen und einem offenen Hohlraum im Extremfall bis zu 15 dB bei leerem Hohlraum und bis zu 7 dB bei bedämpftem Hohlraum betragen kann. Im Diagramm 6 ist der frequenzabhängige Unterschied zwischen einem offenen und einem geschlossenen Hohlraum dargestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei der Planung von abgehängten Decken auf die Art der Hohlraumausbildung geachtet werden muss. Die in üblichen Laboratorien ermittelten Schall-Längsdämm-Masse sind oft ungünstiger als am fertigen Bau, da sich hier die Abmessungen des Deckenhohlraums sehr oft über den ganzen Gebäudegrundriss erstrecken.

Literaturhinweise:

[1] *Mariner Thomas:* «Theory of sound transmission through suspended ceilings over partitions». Noise Control, Nov. 1959

[2] *Gösele K., Kühn B. und Stumm F.:* «Schall-Längsdämmung von untergehängten Deckenverkleidungen.» Schweizerische Bauzeitung, Heft 35, 1978

Adresse des Verfassers: *B. Kühn*, Bauakustik Kühn und Blickle, Waldburg, 6314 Unterägeri

Zum Stand der Technik von Gaswärmepumpen

Von Horst Rostek, Dorsten

Aufgrund der Ergebnisse von Versuchsanlagen wurden im Jahre 1977 erste Gaswärmepumpen für die Praxis gebaut. Mittlerweile ist die Entwicklung dieser Technik zügig vorangeschritten. Bis heute sind 20 Gaswärmepumpenanlagen in der Praxis in Betrieb mit Heizleistungen, die mehrheitlich im Bereich 500–1000 kW liegen. Diese Anlagen werden in Sportzentren, Schwimmbädern, Schul-, Verwaltungs- und Betriebsgebäuden, in Wohnbauten und Industriebetrieben verwendet. Eine weitere etwa gleich grosse Anzahl von Anlagen ist z. Z. im Bau und eine Vielzahl im Stadium der Planung.

Der Einführung der Gaswärmepumpe in die Praxis liegt als Konzept die *allmähliche Steigerung des technischen Schwierigkeitsgrades des jeweiligen Einsatzfalles zugrunde.*

Tabelle 1. Klassifizierung von Gaswärmepumpenanlagen

Projekt	*Freibad Dortmund*	*Sportzentrum Paderborn*	*Schulzentrum Altenkunstadt*	*Wohnhaus Bochum*	*Wohnhaus Dortmund*	*Busbahnhöfe Esslingen*	*Betriebsgebäude Offenburg*
Wärmebedarf kW	700	3800	1370	175	465	350	115
Wärmequelle	Luft	Grundwasser	Oberflächenwasser	Luft	Luft	Luft	Luft
Heizwassertemperatur °C	24	40/80*)	60	45	45	70	70
Betriebsweise	monovalent	monovalent	monovalent alternativ	monovalent alternativ	monovalent parallel	monovalent parallel	monovalent

*) Kondensationswärme 40 °C, Motorwärme 80 °C

Das wesentliche Kriterium hierfür ist die *Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle- und Wärmeabnahmeseite,* welche die Gaswärmepumpe zu überwinden hat. Deshalb steht an erster Stelle der genannten Tabelle die Gaswärmepumpe zur Beheizung eines *Freibades in Dortmund.* Als *Wärmequelle* dient hier die *Aussenluft,* die während der Betriebszeit des Freibades mit min. 8 °C anzusetzen ist. Dabei ist Badewasser auf 24 °C zu temperieren. Die maximal zu überwindende Temperaturdifferenz ist bei diesem Anwendungsfall geringer als 20 °C.

Die angesprochene Temperaturdifferenz steigert sich in der Tabelle 1 bis zu

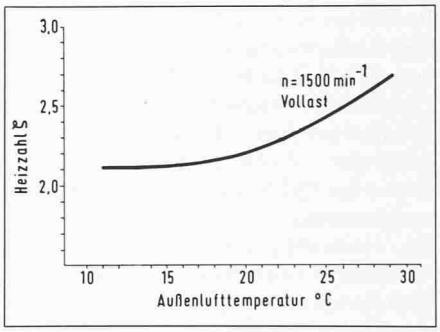


Bild 1. Gaswärmepumpe Freibad Dortmund-Wellinghofen. Heizzahl in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur

einer Gaswärmepumpenanlage, die in einem *Betriebsgebäude* der *Gasversorgung Süddeutschland* in *Offenburg* seit einiger Zeit in Betrieb ist. Hier wird mit Hilfe der Gaswärmepumpe, als alleinigem Heizwärmeerzeuger, aus −15grädiger Luft Wärme entnommen und mit max. 70 °C an ein Radiatorheizsystem abgegeben. Messergebnisse von einer bzw. zwei Heizperioden liegen von der Gaswärmepumpe in einem *36-Familienhaus in Bochum* und im Freibad Dortmund-Wellinghofen vor.

Bild 1 zeigt die mit der Gaswärmepumpenanlage in Dortmund erreichten Heizzahlen in Abhängigkeit der Aussentemperatur (Die Heizzahl ζ ist das Verhältnis der durch die Gaswärmepumpe produzierten Wärmemenge zur eingesetzten Gasmenge). Es ergeben sich Heizziffern, die über 2,5 liegen, d. h., dass im Vergleich mit einer Kesselanlage, deren Wirkungsgrad mit η = 0,8 angesetzt werden soll, eine Brennstoffeinsparung durch die Gaswärmepumpe von mehr als zwei Dritteln erreicht wird.

Um den Fortgang der Gaswärmepumpenentwicklung deutlich zu machen, soll ein Vergleich der wesentlichen Komponenten dieser Gaswärmepumpe mit einer kürzlich in Betrieb gegangenen Gaswärmepumpenanlage in einem

Freibad in Heilbronn angestellt werden. Während in Dortmund ein *Kolbenkompressor* installiert ist, wird in Heilbronn ein *Schraubenkompressor* verwendet, der stufenlos über einen Schieber regelbar ist. Hier wird der Strom für die Ventilatoren der Verdampfereinheiten aus dem öffentlichen Netz bezogen. Dort erzeugt der Gasmotor synchron mit dem Betrieb der Gaswärmepumpe über einen direkt gekoppelten Generator Strom, ausschliesslich zum Antrieb der stufenlos regelbaren Verdampferventilatoren. Die gleichzeitig produzierte Motorwärme wird mit zur Schwimmbadheizung genutzt. Dadurch verbessert sich die energetische und wirtschaftliche Effizienz der Anlage (Bild 2 und 3).

Ein Vergleich der Verdampfer beider Anlagen zeigt, dass in Heilbronn die Baugrösse deutlich geringer ist, obgleich die erforderliche Heizleistung etwa 30% gegenüber dem Dortmunder Bad höher ist (Bild 4 und 5).

Die Reduzierung wurde durch Fortfall von Schalldämpfern auf der Saug- und Druckseite möglich, man hat den Schallpegel durch den Einsatz langsam laufender Axialventilatoren ausreichend im Griff (in Dortmund Radialventilatoren).

Die Heizanlage des 36-Familienhauses in Bochum ist ebenfalls eine Luft/Wasser-Gaswärmepumpe, die bis zu einer minimalen Aussenlufttemperatur von 0 °C betrieben wird (Tabelle 1). Unterhalb dieser Temperatur wird ein Gasheizkessel eingeschaltet (Anlage Bochum).

Aus Bild 6 geht hervor, dass mit dieser *kombinierten Gaswärmepumpen/Heizkesselanlage* während der Heizperiode 1977/78 etwa 61% der Nutzwärme durch die Gaswärmepumpe produziert wurden und etwa 39% durch den Gasheizkessel. Das hierfür aufzuwendende

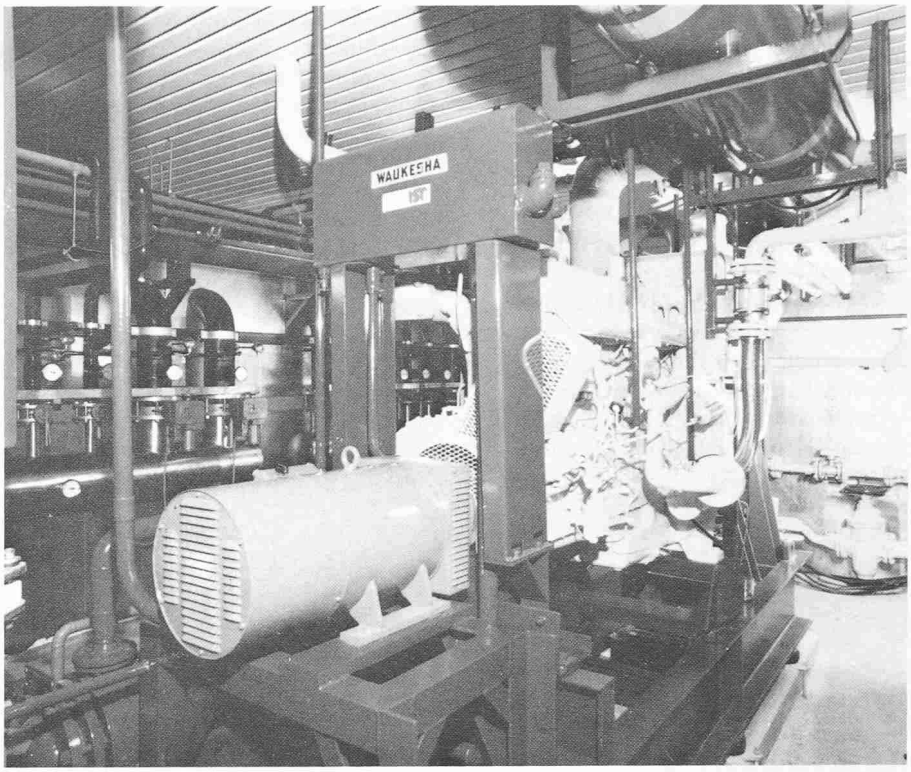


Bild 3. Gaswärmepumpe im Freibad Heilbronn

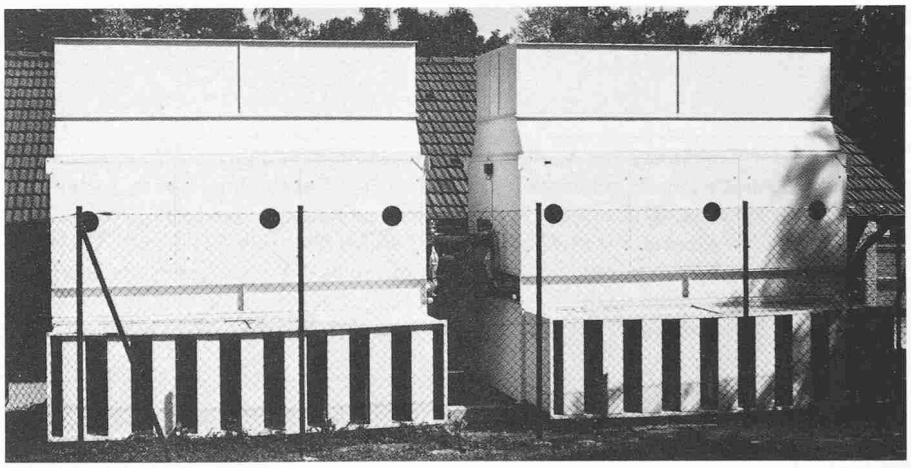


Bild 4. Verdampfer und Schalldämpferanlage in Dortmund

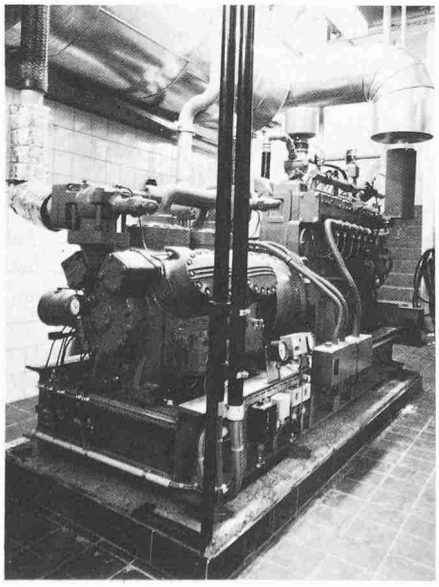


Bild 2. Gaswärmepumpenanlage im Freibad Dortmund-Wellinghofen

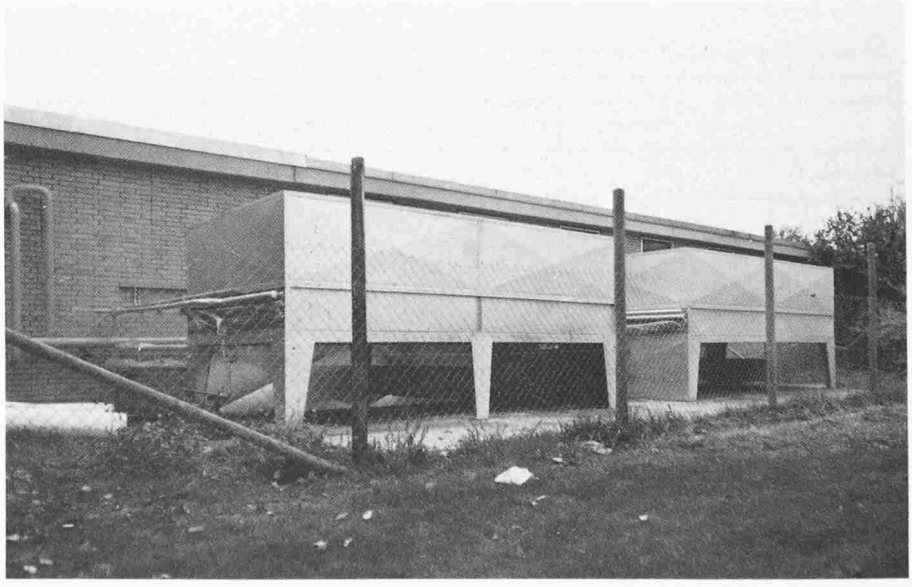


Bild 5. Verdampferanlage in Heilbronn

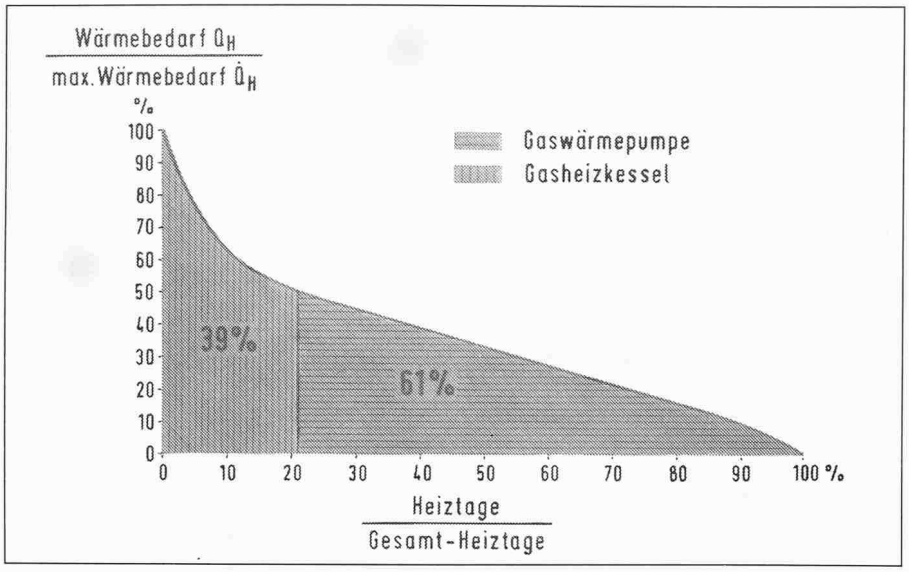


Bild 6. Gaswärmepumpe Bochum-Gerthe. Wärmebedarfsdeckung durch Gasheizkessel und Gaswärmepumpe

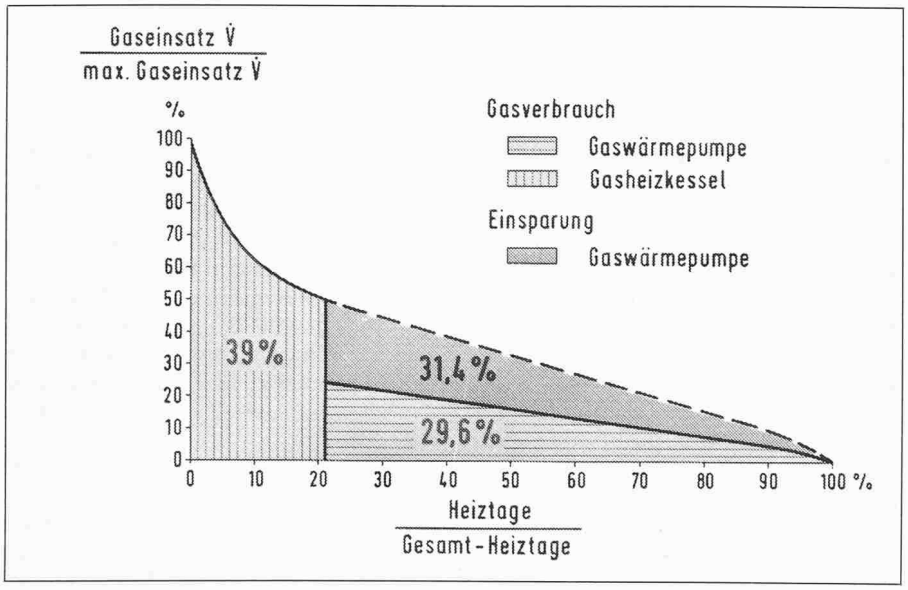


Bild 7. Gaswärmepumpe Bochum-Gerthe. Jährliche Energieeinsparung (Gas) durch die Gaswärmepumpe im Vergleich zu einem Gasheizkessel

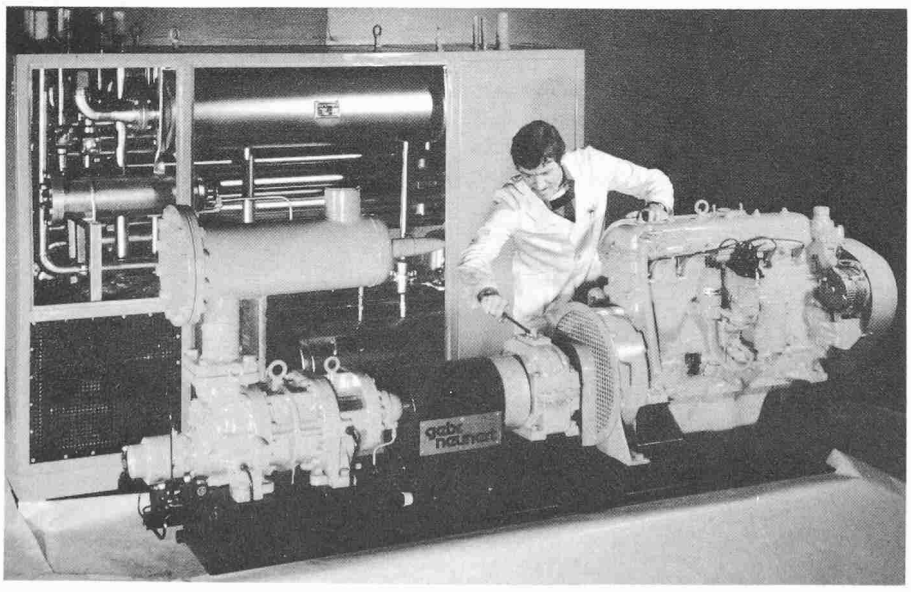


Bild 8. Standard-Gaswärmepumpenanlage

Volumen ist in Bild 7 dargestellt und beträgt gesplittet in Wärmepumpen-Gasmenge bzw. Kesselgasmenge 29,6% bzw. 39%. Im Vergleich dazu wird gezeigt, wie hoch der Gasverbrauch im Falle des alleinigen Betriebs des Heizkessels gewesen wäre. Es zeigt sich, dass in einem Bereich, in dem die Gaswärmepumpe in Betrieb war, die Einsparung gegenüber dem Heizkessel mehr als 50% beträgt. Insgesamt ergibt sich eine Brennstoffeinsparung von 31,4%. Die im Durchschnitt erzielte Heizzahl ζ lag bei der Anlage in Bochum zwischen 1,5 und 1,6.

Die Gaswärmepumpentwicklung ist so weit fortgeschritten, dass heute *weitgehend standardisierte Anlagen* angeboten werden können. Eine solche Standard-gaswärmepumpe steht in *Offenburg* (Bild 8). Sie ist geeignet für *Wärmegewinnung aus der Aussenluft auch an extrem kalten Wintertagen* und kann diese Wärme auf einem Temperaturniveau von 70 °C abgeben, d. h., in Verbindung mit Radiatorheizkörpern. Die Anlage leistet etwa 200–500 kW. Durch Modifikation hauptsächlich des Verdampfers ist sie ebenso in Verbindung mit anderen Wärmequellen wie z. B. Wasser oder Erdreich verwendbar.

Als Antriebselement dient ein 6-Zylinder-Gasmotor, mit einer Antriebsleistung von max. 155 kW bei 2000 min^{-1}. Hilfseinrichtungen, wie Zündkontakte, Lichtmaschine und Batterie, werden bei dieser Anlage nicht benötigt, da die Zündung voll elektronisch gesteuert ist und der Anlass- und Zündstrom für den Motor dem Netz entnommen wird.

Dieser Gasmotor treibt einen schiebergesteuerten Schraubenkompressor an (n_{max} = 4000 min^{-1}). Motor und Kompressor sind auf einem gemeinsamen Grundrahmen montiert und werden schwingungsfrei aufgestellt. Wärmetauscher des Kältekreislaufes, wie Kondensator, Ölkühler, Enthitzer und Unterkühler sowie Kühlwasser und Abgastauscher zur Wärmegewinnung des Gasmotors, einschliesslich Abgasschalldämpfer, sind in einem kompakten Schrank untergebracht.

Der grosse Vorteil dieser Standardanlage liegt in der Möglichkeit der Vormontage im Werk.

Die Verdampfer, es handelt sich um eine Doppelverdampfereinheit, findet im Freien Aufstellung und ist den Vorschriften entsprechend geräuschgedämmt. Der Strom für die Verdampferventilatoren, der besonders bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen die erzielte Energieeinsparung häufig infrage stellt, wird über einen Generator erzeugt, der von dem Gasmotor über das zweite Wellenende angetrieben wird und synchron mit der Gaswärmepumpenanlage läuft.

Das Anlagenschema der Standard-Gaswärmepumpenanlage ist in Bild 9 dargestellt.

Im Kondensator wird der Rücklauf des Heizwassers vorgewärmt, dem dort die aufgenommene Umweltwärme, einschliesslich der dafür aufgewandten mechanischen Energie, übertragen wird. Das so vorgewärmte Heizwasser wird nacheinander durch den Kühlwasser- und Abgaswärmetauscher der Gaswärmepumpe geführt und erhält anschliessend die gewünschte Vorlauftemperatur (bis 70 °C).

Ein integrierter Bestandteil der Standard-Gaswärmepumpe ist ein *Schichtspeicherbehälter* im Nebenanschluss des Heizkreislaufes, der mit einem geometrischen Volumen von etwa 5 m³ eine energetische und betriebliche Optimierung in Verbindung mit der Warmwasserbereitung ermöglicht. Dieser Speicher nimmt die Überschusswärmemenge, die jeweils im Heizungsnetz nicht benötigt wird, auf. Dabei wird schaltungstechnisch so verfahren, dass grundsätzlich die Hochtemperaturwärme aus Abgas und Kühlwasser vorrangig gespeichert wird. Die gewünschte Speicherwassertemperatur stellt sich dabei automatisch durch Verteilung der HT- und NT-Wasserströme ein. Praktisch bedeutet dies, dass beispielsweise während der Nachtabsenkungszeit vorrangig die Kondensationswärme in das Heizwassernetz gefahren wird, während die Hochtemperaturwärme (bis 85 °C) in den Speicher eingebracht werden kann. Die Warmwasserbereitung wird durch Wärmeentnahme mittels eines Wärmetauschers sichergestellt. Eine Dreiwegeventilregelung sorgt dafür, dass die gewünschte Warmwassertemperatur unabhängig von der geforderten Wassermenge konstant gehalten werden kann.

Arbeitet die Standard-Gaswärmepumpenanlage bei Verdampfungstemperaturen unter dem Gefrierpunkt, muss mit Vereisung der Tauscherflächen des Verdampfers gerechnet werden. Die Abtauung jeweils eines Verdampferpaketes wird durch Teilumsteuerung des Kältemittelkreislaufes (Heizgas- oder Kondensatabtauung) bewirkt. Das andere Verdampferpaket entzieht währenddessen der Aussenluft Wärme, so dass die Anlage während der Abtauperiode mit reduzierter Heizwärmeerzeugung weiter betrieben werden kann.

Die in einem ersten Schritt zu einer Standardisierung gewählte Anlagengrösse (200–500 kW) ist durch den überwiegenden Anteil der vorliegenden Bedarfsfälle bestimmt.

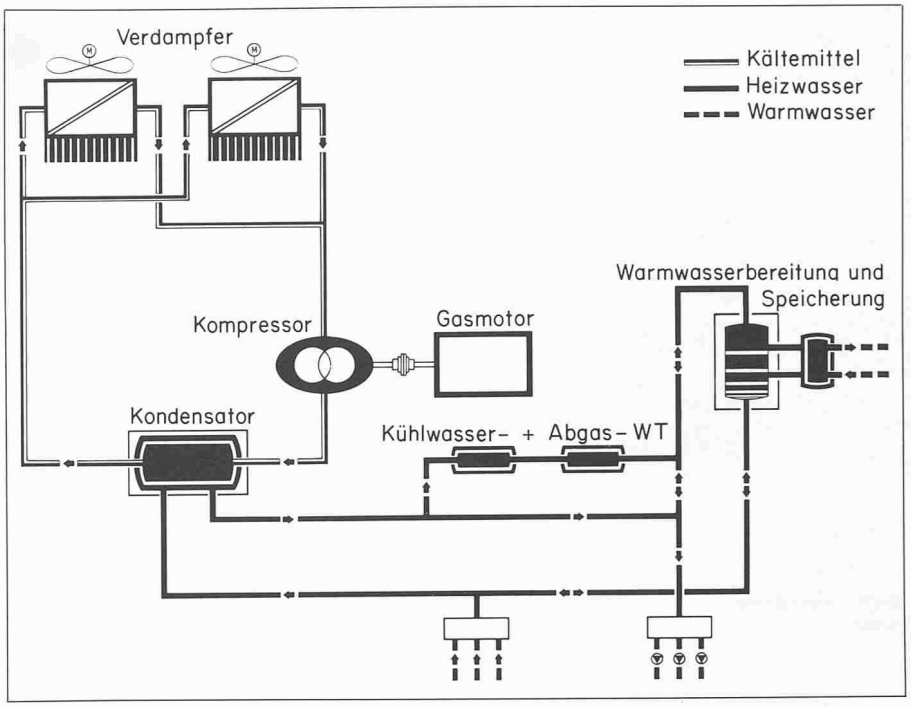


Bild 9. Anlagenschema der Standard-Gaswärmepumpenanlage

Die Standard-Gaswärmepumpenanlage kann sowohl als alleiniger Wärmeerzeuger, als auch in Kombination mit anderen Wärmeerzeugern verwendet werden. Ebenso ist eine einfache Anpassung an andere Wärmequellen als die Aussenluft möglich. Dabei ergeben sich sogar Preisreduzierungen gegenüber dem Luft/Wasserkonzept.

Es zeichnet sich heute eine Tendenz ab, in Kälteerzeugungsanlagen anstelle der elektrisch angetriebenen Aggregate Gaswärmepumpen zu verwenden. Dies gilt u. a. für Klimaanlagen, Kunsteisenbahnen und industrielle Prozesskälteerzeugung. Dabei wird der Betrieb der Gaswärmepumpe zusätzlich in dem Masse attraktiv, in welchem die Hochtemperaturwärme der Gaswärmepumpen (85 °C) bzw. auch die Kondensationswärme genutzt werden. So geht in Kürze in dem neuen *Verwaltungsgebäude der Westfälischen Ferngas Gesellschaft* in *Dortmund* eine Gaswärmepumpenanlage in Betrieb, die zur *Klimatisierung* dieses Gebäudes verwendet wird. Dem Fortluftstrom wird während der Heizperiode hierbei über die Gaswärmepumpe die Wärme entzogen und über den Kondensator der Analge in das Gebäude zurücktransportiert.

In einem etwas anders gelagerten Fall ersetzt die Gaswärmepumpe den Kühlturm in einem Unternehmen der Heizungsbranche. Die den Schweissautomaten einer Fertigungsstrasse notwendigerweise entzogene Wärme wird über die Gaswärmepumpe auf ein Temperaturniveau bis 80 °C angehoben und ins zentrale Heizungsnetz eingespeist. Die Gaswärmepumpe wird bereits während der Übergangszeit täglich zweischichtig betrieben.

Gaswärmepumpenanlagen für Heizleistungen von 500 kW und grösser beginnen am Markt aufgrund ihrer Wirtschaftlichkeit erfolgreich gegen bisher verwendete Wärme- und Kälteerzeuger zu konkurrieren. Die Verfolgung einer weitgehenden Standardisierung von Gaswärmepumpenanlagen dürfte einerseits die Wirtschaftlichkeit dieses Systems für die genannten Heizleistungen noch verbessern und andererseits die Möglichkeit eröffnen, Gaswärmepumpenanlagen wirtschaftlich auch für kleinere Heizleistungen einzusetzen.

Adresse des Verfassers: *H. Rostek*, dipl. Ing., Gaswärmepumpen Gesellschaft GmbH, Holtenerstr. 125, D-4270 Dorsten.