

Die Absorptionswärmepumpe als Seriengerät zur Raumheizung

Ing. Helmut Lindner VDI

Um der wachsenden Energieverteuerung zu begegnen, wird der Einsatz von Serien-Absorptionswärmepumpen in Theorie und Praxis behandelt. Vergleiche der Arbeitsweisen bekannter Wärmepumpensysteme, Energieflußbilder und Energiebilanzen sowie Einordnungs-Schemen zur Raumheizung werden dargelegt.

Einleitung

Innerhalb der Diskussion um die zukünftige Energieversorgung haben sich in den letzten Jahren zwei Erkenntnisse immer deutlicher abgezeichnet:

- die Einsicht, daß seit der Ölkrise die Zeiten preiswerter Energie endgültig der Vergangenheit angehören
- die weltweite Energieverknappung durch begrenzte Primärenergiereserven muß uns alle veranlassen, Energie sinnvoll einzusetzen.

Der Furcht vor weiterer Energieverteuerung kann nur mit neuen energiesparenden Technologien begegnet werden. Der zeitliche Handlungsspielraum ist eng geworden, um diesen Herausforderungen zu begegnen. In verstärktem Ausmaß sind deshalb zukünftig Wärmeenergieerzeugungssysteme wie z.B. die Gasabsorptionspumpe einzusetzen, bei denen der Energieeinsatz auf ein Minimum ohne Komforteinbußen reduziert werden kann.

Wärmepumpeninnovation für die Zukunft

Fast die Hälfte des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland entfällt auf Haushalte und Kleinverbraucher. Ca. 85% dieses Anteils werden durch Raumheizungen verbraucht. Um so mehr gewinnt seit geraumer Zeit im Zuge energiesparender Maßnahmen der Einsatz von Wärmepumpen für Heizzwecke immer mehr an volkswirtschaftlicher Bedeutung. Die am weitesten verbreitete Wärmepumpen-Bauart ist die Kompressionswärmepumpe

mit mechanischem Antrieb über einen Elektromotor.

Eine weitere Wärmepumpenart ist die Verbrennungsgasmotor-Wärmepumpe, die sich allerdings beim heutigen Stand der Technik nur für

Großprojekte durchgesetzt hat.

Die Entwicklung der Gasabsorptionswärmepumpe wurde in der Vergangenheit verstärkt vorangetrieben. Die Abstimmung und Optimierung aller wichtigen Komponenten zu einer funktionalen Einheit waren erforderlich. Zwischenzeitlich steht ein Serienprogramm von Gasabsorptionswärmepumpen in Luft-Wasserausführung im

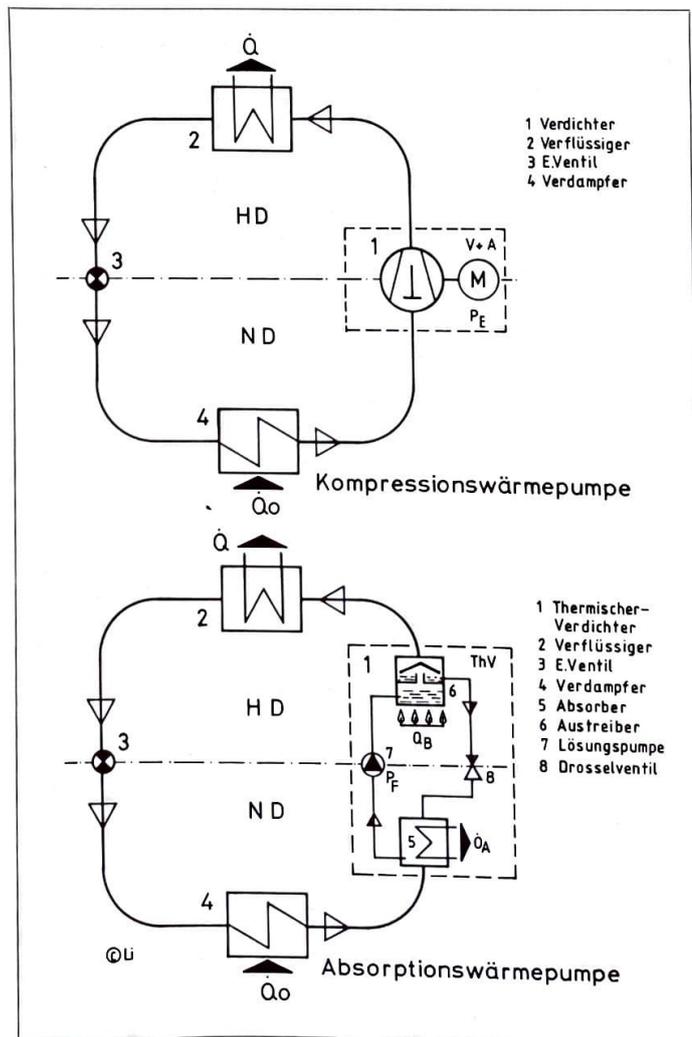
Leistungsbereich ab ca. 25 kW für die Raumheizung zur Verfügung. Die Gasabsorptionswärmepumpe eröffnet dem Gasverbraucher die Möglichkeit, Primärenergie unter Einbeziehung der Umweltwärmenutzung, bis zu 40% einzusparen.

Allgemeines zum Wärmepumpenprozeß

Alle Wärmepumpensysteme haben eines gemeinsam: sie transportieren mit Hilfe höherwertiger Antriebsenergie Umweltwärme von einem niedrigen Temperaturniveau, innerhalb des Wärmepumpenprozesses, auf ein höheres Temperaturniveau, das für Heizzwecke anwendbar ist. Dies gilt für alle Systeme, die Elektrokompressionswärmepumpe (EWP), die gasmotorisch angetriebene Kompressionswärmepumpe (GWP) und die Absorptionswärmepumpe (AWP). Eine zentrale Rolle spielt bei allen Anlagen die Wärmequelle; es werden je nach Anlageart und den örtlichen Verhältnissen folgende Wärmequellen verwendet: Grundwasser, Umgebungsluft, Erdreich; zunehmend finden als Wärmequelle Energie-Dach, -Stapel, -Zaun, -Säule, -Block und -Fächer (stille Wärmetauscher) immer mehr an Bedeutung. Sie sind bei fachgerechter Systembemessung vorteilhafte Wärmequellen für alle aufgezeichneten Wärmepumpeneinheiten. Auf die Vor- und Nachteile der einzelnen Wärmequelle einzugehen, wird hier verzichtet.

Bild 1: Funktionsschema einer Kompressions- und Absorptionswärmepumpe mit mechanischem und thermischen Verdichter. Es bedeuten:

\dot{Q} = Verflüssigerleistung [kW]	\dot{Q}_A = Absorberleistung [kW]
\dot{Q}_O = Verdampferleistung [kW]	P_F = Antriebsenergie Lösungspumpe [kW]
P_F = Antriebsenergie Kompressionswärmepumpe [kW]	HD = Hochdruckseite
\dot{Q}_B = Brennstoffenergie [kW]	ND = Niederdruckseite



Was haben Kompressions- und Absorptionswärmepumpe gemeinsam?

Bei dem Begriff und Aufbau von Wärmepumpen wird meistens an die Verdichter-Kaltdampf-Maschine mit elektrischem Antrieb gedacht, de-

ren Leistungszahl im Bereich von ϵ_p 2-4 liegt. Der Kreislauf ist überschaubar, aus der Kältetechnik geläufige Bauteile werden verwendet, da sie in großen Stückzahlen gefertigt werden. Primärenergetisch muß diese Lösung nicht immer das Optimum darstellen. Deshalb ist es wichtig, sich auch mit der Absorptionswärmepumpe zu befassen. Beide Arten der Wärmepumpe sind schematisch im Bild 1 gegenübergestellt.

Grundsätzlich sind bei den verschiedenen Systemen folgende Bauteile annähernd gleich: Verflüssiger (2), Expansionsventil (3) und der Verdampfer (4). Die wesentlichen Unterschiede sind im Antriebssystem zu sehen. Während die Kompressionswärmepumpe gemäß Bild 1 mit dem Verdichter (1) und Elektromotor angetrieben wird, wird bei der Gasabsorptionswärmepumpe ein thermischer Verdichter (1) bestehend aus Absorber, Lösungspumpe, Austreiber und Drosselventil für die Aufrechterhaltung des kontinuierlichen Prozesses verwendet. Das Arbeitsmedium in den geschlossenen Kreisläufen ist bei beiden Systemen nicht das Gleiche. Bei Kompressionswärmepumpen werden heute Kältemittel wie z.B. R 12, R 22 und R 502 verwendet. In den Absorptionswärmepumpen werden meist Zweistoffgemische als Arbeitsstoffpaare bestehend aus dem Kältemittel- und Absorptionsmittel eingesetzt.

Theorie und Arbeitsweise der Absorptionswärmepumpe

Als ältester Kälteprozeß ist der Absorptionskältekreislauf bereits seit 1777 bekannt. Die kontinuierlich arbeitende Absorptionsanlage mit dem Stoffpaar Ammoniak/Wasser stammt als entscheidende Erfindung von F. Carré aus dem Jahr 1859. Die Theorie der Absorptionswärmepumpe beruht auf der Thermodynamik von Zweistoffgemischen. Unter „Absorption“ versteht man die Eigenschaft

eines Stoffes, gasförmige Stoffe aufzusaugen (zu absorbieren). Dieses Zweistoffgemisch oder Arbeitsstoffpaar besteht aus dem eigentlichen Arbeitsstoff oder Kältemittel und einem geeigneten Absorptionsmittel, auch Lösungsmittel genannt.

Auch das Absorptionsverfahren arbeitet nach dem Verdampfungsprinzip von Kältemittel. Es unterscheidet sich von dem Kompressionsverfahren nur durch die Art der Energiezufuhr, zum Zweck der Wiederverflüssigung des erzeugten Kaldampfes. Anstelle mechanischer Antriebsenergie für den Verdichter wird unmittelbar Wärmeenergie in Form von Erd- oder Flüssiggas zur Erwärmen bzw. Austreiben des Kältemitteldampfes im Austreiber (6), siehe Bild 1, zugeführt. Die Doppelfunktion des mechanischen Verdichters, die im Ansaugen und Verdichten des Kältemitteldampfes besteht, wird vom Absorber (5) und Austreiber (6) übernommen. Dieses Apparatepaar einschließlich Lösungspumpe (7) und Drosselventil (8) bezeichnet man als thermischen Verdichter. Hierin liegt die Stärke der Absorptionswärmepumpe, außer der kleinen Lösungspumpe sind keine beweglichen Verschleißteile vorhanden. Alle übrigen Bauteile der Absorptionswärmepumpe wie Verflüssiger, Expansionsventil und Verdampfer, bleiben im wesentlichen Grundsatz wie bei einer Kompressionswärmepumpe bestehen.

Die Funktion der thermischen Verdichtung

Innerhalb des thermischen Verdichters vollzieht sich der Lösungsumlauf, der durch die Lösungspumpe aufrecht erhalten wird. Der Absorber (5) wird über das Drosselventil mit „armer Lösung“ versorgt, hier wird das aus dem Verdampfer kommende Kältemittel NH_3 in Dampfform von Wasser H_2O (Sorptionmittel) absorbiert und es entsteht ein Zweistoffgemisch (binäres Gemisch), als

BRUNATA

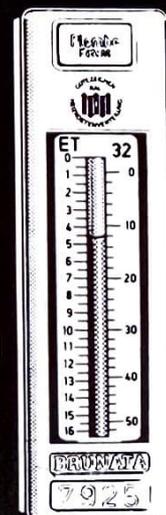
Heizkostenabrechnung

Wir haben das richtige Gerät: DIN und RAL geprüft, mit zusätzlicher Kontrollskala, Einzelnumerierung, Kompensation der Kaltverdunstung... Und wir haben den zuverlässigen Abrechnungsservice.

Wir sind die Spezialisten für gerechte, verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung.

BRUNATA

DEUTSCHE BRUNATA-WÄRMEMESSER-ORGANISATION GMBH
Postfach 2905, 5030 Hürth-H.



Arbeitsstoffpaar auf „reiche Lösung“ genannt. Die freiwerdende Absorptionswärme \dot{Q}_A kann ebenfalls für Heizzwecke genutzt werden. Die „reiche Lösung“ ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$) wird von der Lösungspumpe (7) unter Druckerhöhung in den Austreiber gepumpt. Durch Wärmezufuhr \dot{Q}_B (atmosphärischer Gasbrenner mit Brennerstäben) wird die „reiche Lösung“ erwärmt, wobei das Ammoniak NH_3 unter hohem Druck als Dampf über einen Wasserabscheider/Rektifikator ausgetrieben wird. Die Ammoniakdämpfe werden genau wie bei dem Kompressionswärmepumpenkreislauf im Verflüssiger verflüssigt und über das Expansionsventil unter Druckabsenkung dem Verdampfer zugeführt; hier verdampft das flüssige Kältemittel unter Aufnahme der Umweltwärme. Das verdampfte NH_3 gelangt in den Absorber, und der Kreislauf beginnt von neuem.

In der Praxis ist der apparative Aufwand bei der Absorptionswärmepumpe etwas größer und komplizierter, es wurde hier bewußt eine einfache, allgemein verständliche Funktionsdarstellung gemäß Bild 1 gewählt. Sorption gilt als Sammelbegriff für Absorption und Adsorption.

Das Wärmeverhältnis

Die Effektivität einer Absorptionswärmepumpe wird durch das Wärmeverhältnis (ζ) bestimmt. Bei der Kompressionswärmepumpe ist die Leistungszahl eine Aussage für deren Wirtschaftlichkeit. Wärmeverhältnis (ζ) und Leistungszahl (ϵ) können jedoch nicht miteinander verglichen und dürfen nicht verwechselt werden.

Für beide Prozesse gilt:
 Kompressionswärmepumpe
 Leistungszahl $\epsilon_p = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$
 Absorptionswärmepumpe
 Wärmeverhältnis $\zeta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$

Da die Energie für die Lösungspumpe nur etwa 1% der Heizwärme beträgt, kann dieser Betrag vernachlässigt

werden. Auch bei der Absorptionswärmepumpe wird unterschieden zwischen dem theoretischen Wärmeverhältnis (ζ_0) und dem praktischen Wärmeverhältnis (ζ). Selbstverständlich kann das ideale, theoretische Wärmeverhältnis nicht erreicht werden. Thermodynamisch treten infolge unvermeidbarer, nicht umkehrbarer Zustandsänderungen Verluste auf. So ist z.B., wie aus Bild 2 ersichtlich, der Wirkungsgrad für den Austreiber von etwa $\eta = 0,85$ mit dem theoretischen Wärmeverhältnis zu multiplizieren, um endgültig vergleichbare praktische Werte zu erhalten. Für den praktischen Einsatz von optimierten Absorptionswärmepumpen Luft/Wasser können heute Wärmeverhältnisse von etwa 1,2 bis 1,3 gleich 120 bis 130% erreicht werden.

Die Energiebilanz Gaskessel-Absorptionswärmepumpe

Bild 2 gibt für den Gaskessel und in Gegenüberstellung den Verlauf der Primärenergie bis zur anwendbaren Heizenergie im Gebäude wieder. Nach dem aufgezeigten Beispiel ergibt sich eine Einsparung an Primärenergie von $125\% - 82\% = 43\%$.

Die spezifischen Einsatzmöglichkeiten monovalent/alternativ sind hierbei

nicht berücksichtigt, sie richten sich nach den jeweiligen Einsatzgrenzen und örtlichen Gegebenheiten.

Nutzung der Systeme

Geht man bei der Kompressionswärmepumpe davon aus, daß Druck- und Temperaturerhöhung durch mechanische Verdichtung mit Elektromotor-Antrieb erfolgt, so ergibt sich:

$$\text{Nutzwärme } \dot{Q}_H = \dot{Q}_O + \dot{Q}_E + P_E \quad (\text{Kompressionswärmepumpe})$$

Bei der Gasabsorptionswärmepumpe erfolgten Druck- und Temperaturerhöhungen durch „thermische Verdichtung“ (Lösungskreislauf).

$$\text{Nutzwärme } \dot{Q}_H = \dot{Q}_O + \dot{Q}_A \quad (\text{Absorptionswärme})$$

Siehe hierzu Bild 1.

Arbeitsgemische der Absorptionswärmepumpe

Nach dem heutigen Wissenstand sind etwa 70 Zweistoffgemische und mehrere Dreistoffgemische bekannt. Trotz weltweiter Forschungen wurde das ideale Stoffpaar noch nicht gefunden. Das Arbeitsstoffpaar sollte folgende Eigenschaften haben: Arbeitsstoff und Lösungsmittel dürfen sich nicht zersetzen, sie müssen chemisch stabil sein. Leicht brennbare Stoffe sollten nicht verwendet wer-

den. Ferner dürfen Arbeitsstoff und Lösungsmittel nicht miteinander chemisch reagieren. Es sollte über einen breiten Temperaturbereich stabil bleiben. Korrosive Gemische sind zu vermeiden. Die verwendeten Materialien und Dichtungen dürfen nicht angegriffen werden. Giftige Stoffe ohne Wahrnehmung sollten nicht verwendet werden. Nachstehend werden einige bekannte Stoffpaare betrachtet:

Ammoniak/Wasser ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$)

Über dieses Stoffpaar $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ liegen langjährige Erfahrungen aus der Kältetechnik vor, die auch auf die Gasabsorptionswärmepumpe übertragen werden können. Vorteile dieses klassischen Stoffpaares: Große Verdampfungsenthalpie des Kältemittels Ammoniak, großer Einsatzbereich bis -60°C , gute Wärme- und Stoffübertragungsverhältnisse, Einsatz normaler Stähle, jedoch keine Buntmetalle, toxische Eigenschaft, Aufstellungsrichtlinien und Sicherheitsvorschriften sind zu beachten.

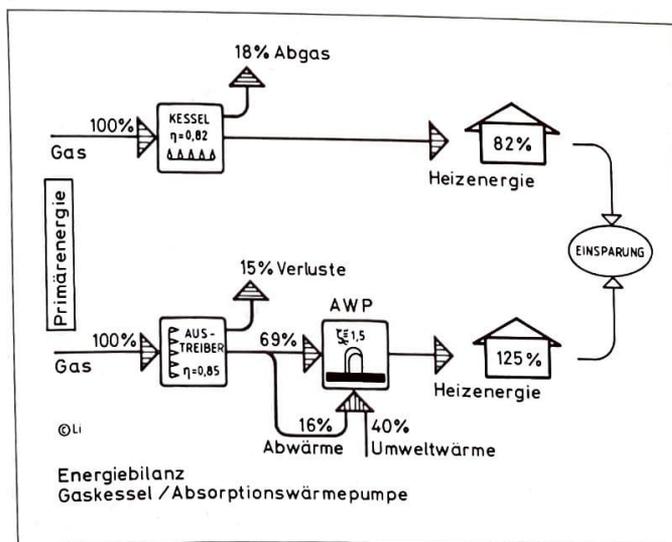
Wasser/Lithiumbromid-Lösung ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$)

Das Stoffpaar wird in kompakten Absorptionskälteanlagen für den Einsatz in der Klimatechnik verwendet, erscheint aber für den Einsatz in Absorptionswärmepumpen weniger geeignet. Vorhandene Kristallisationsgefahr. Geringe Grenzen der Austreibertemperatur. Ferner sind keine Verdampfungstemperaturen unter 0°C möglich. Einfriergefahr, somit scheidet Luft als Wärmequelle aus.

Methanol (CH_3OH) als Kältemittel mit einer LiBr-Methanol-Lösung als Lösungsmittel

Vorteilhaft sind hier die große Verdampfungsenthalpie des Methanols, günstige thermodynamische Daten und die Möglichkeit einer unter 0°C liegenden Ver-

Bild 2: Energiebilanz, ausgehend von 100% Primärenergieeinsatz zur Erzeugung von Heizenergie für Gaskessel und Absorptionswärmepumpe



dampfertemperatur. Nachteil: Kristallisationsgefahr besteht aber hier genauso wie bei der wässrigen LiBr-Lösung. Brennbarkeit des Methanols und Korrosionsprobleme sind zu beachten. Hohe Zähigkeit daraus resultierend starke Lösungspumpe erforderlich.

R 22 / DTG (E 181):
 Difluoromonochlormethan als Kältemittel und Tetraäthylenglycoldimethyläther als Lösungsmittel: Das Kältemittel liegt als reiner Dampf vor und ist als Sicherheitskältemittel bekannt. Dagegen steht der Nachteil der äußerst geringen Verdampfungsenthalpie des R 22 und in seiner niedrigen kritischen Temperatur (+ 96 °C). Gegenüber NH₃/H₂O liegt das theoretische Wärmeverhältnis niedriger, wodurch die Überlegenheit des Systems mit NH₃/H₂O gegenüber dem R 22/DTG (E 181) ersichtlich wird. Zu erwähnen ist wiederum die große Zähigkeit des DTG und der Einsatz starker Lösungspumpen.

Die praktische Anwendung der Absorptionswärmepumpe

Nach dem heutigen Stand der Technik und der Kenntnisse über eine Anzahl von Stoffpaaren ist das System Ammoniak/Wasser (NH₃/H₂O) trotz des geringen MAK-Wertes des Ammoniaks, ein für Seriengeräte favorisiertes Stoffpaar. Die praktische Verwirklichung wurde bereits nach langjähriger Erprobung in einer Absorptionswärmepumpenserie im Leistungsbereich ab ca. 23 kW Heizleistung realisiert. Bild 3 zeigt das Seriengerät in Luft/Wasser-Ausführung als Kompaktgerät komplett mit elektronischer, witterungsgeführter Regelung. Die Geräte sind für Innen- und Außenaufstellung konzipiert. Das kleinste Gerät kann ohne einen separaten Maschinenraum innerhalb von Wohnhäusern aufgestellt werden, bei größeren Anlagen ist die Außenaufstellung zu bevorzugen. Im allgemei-

nen sind die VBG 20 zu beachten. Die Absorptionswärmepumpen sind sowohl für Erdgas als auch für Flüssiggas ausgerüstet und ermöglichen somit ein breites Einsatzgebiet. Alle Geräte sind bereits werkseitig

DVGW- und -TÜV-abgenommen.

Einordnung der Gasabsorptionswärmepumpe in das Heizsystem

Geht man davon aus, die Gasabsorptionswärmepum-

pe in der Betriebsweise bivalent/alternativ einzusetzen, so kann hier auf Erfahrungen mit der Luft/Wasser-Kompressionswärmepumpe zurückgegriffen werden. In der Matrix gemäß Bild 4 sind die Kriterien und Einsatzbedingungen aufgezeigt. Ausgehend von der eingesetzten Primärenergie Erdgas oder Flüssiggas über Wärmeerzeuger, Betriebsweise, Wärmequelle, Einsatzgebiet, Wärmeverteiler-Medium und Heizsystem ist die Einordnung des Wärmepumpensystems zur Raumheizung übersichtlich nachvollziehbar. Bei einer Arbeitsweise der Luft/Wasser-Absorptionswärmepumpe bis zu einer Außentemperatur von z.B. 3 °C können bis zu 70% je nach Klimazone der Jahresheizarbeit erbracht werden, die übrigen 30% übernimmt der Heizkessel.

Der Gaskessel-Betrieb

Ist die Absorptionswärmepumpe auf Grund der zu niedrigen Außen- oder einer höheren geforderten Vorlauftemperatur nicht mehr in der Lage, den Wärmebedarf abzudecken, so erfolgt vollautomatisch die Umschaltung auf Kesselbetrieb. Der Funktionsablauf geht aus der Matrix Bild 5 hervor. Auch in einem Störfall wird auf diese Betriebsweise automatisch umgeschaltet. Der Vorteil in der Alternativ-Betriebsweise liegt darin begründet, daß die Absorptionswärmepumpe in ihrer Bemessungsgröße nur für ca. 50% des Sollwärmebedarfs ausgelegt werden muß, wodurch sich günstige Investitionskosten ergeben. Auch ist eine Nachrüstung vorhandener Kesselanlagen möglich.

Bild 3: Gasabsorptionswärmepumpe als Seriengerät Luft/Wasser, rechts Rückseite mit horizontalem Luftaustritt, komplett mit elektronischer witterungsgeführter Regelung. Besonderheiten: Kompaktgerät, geräuscharmer Betrieb, geringer Wartungsaufwand, wenige Verschleißteile, Elektronische Regelung, DVGW- und TÜV-geprüft, Kältemittel R 717 (Happel GmbH & Co.)

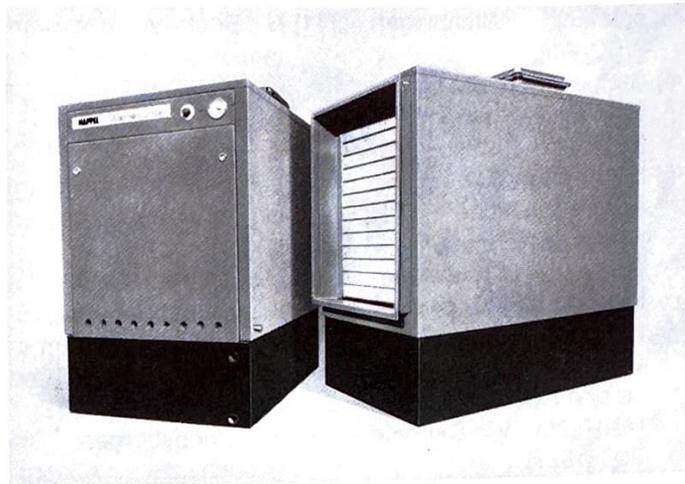


Bild 4: Schema zur Einordnung der Absorptionswärmepumpe im Bivalent/alternativ-Betrieb zur Raumheizung mit der Umweltenergie Luft als Wärmequelle

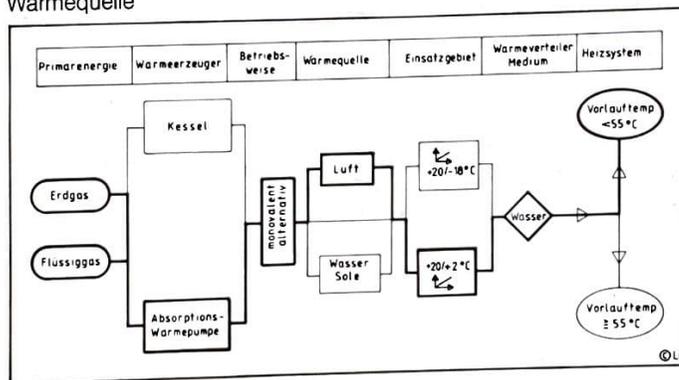
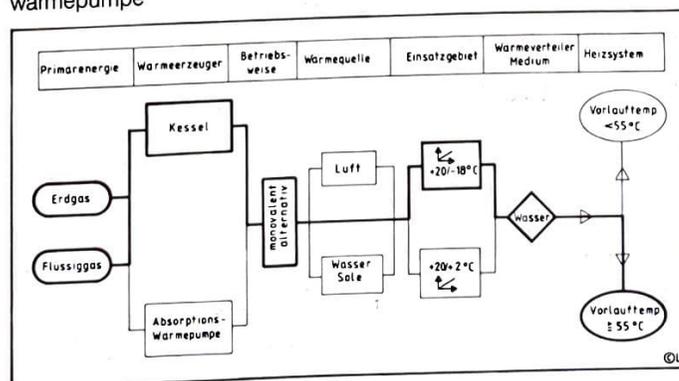


Bild 5: Schema zur Einordnung des Wärmeerzeugers mit Bivalent/alternativ-Betrieb zur Raumheizung in Verbindung mit der Gasabsorptionswärmepumpe



Mengenäquivalente von Energieträgern

In der Praxis kommt es immer wieder vor, die Mengenäquivalente verschiedener Energieträger zu vergleichen. In der Tabelle 1 sind die verschiedenen Werte – bezogen auf den vergleichbaren Energieträger – dargestellt

und dienen dem Praktiker als nützliche Hilfe.

Zusammenfassung:

Wenn heute noch die Hälfte des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland auf Haushalte und Kleinverbraucher fällt und ca. 85% davon für die Raumheizung verfeuert werden, muß nach neuen Wegen der Energiekostensenkung verstärkt gesucht werden.

Zweifellos ist aus diesem Grund die Wärmepumpe aktueller denn je geworden. Die geringen beweglichen Teile und die minimalen Wartungskosten bei gleichzeitiger Favorisierung des Arbeitspaares Ammoniak/Wasser bescheinigen der Absorptionswärmepumpe gute Erfolgsaussichten. Staatliche Fördermaßnahmen oder Steuervergünstigungen für den Bauherrn aus dem Energieeinsparungsprogramm treffen auch für die Absorptionswärmepumpe zu. Eine gasbeheizte Absorptionswärmepumpe für die Heizung ermöglicht gegenüber dem verbesserten Gaskessel bedeutende Einsparungen im Gasverbrauch. Zusammen-

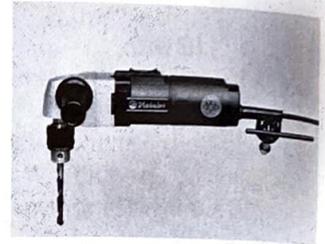
fassend ist zu sagen, daß die optimierte Serien-Absorptionswärmepumpe eine sehr gute technische Lösung darstellt, für den Gasverbraucher Energiekosten zu senken.

Literatur:

- [1] H.L. v. Cube: Lehrbuch der Kältetechnik, Verlag C.F. Müller (1975)
- [2] H. Stettner: Kälteanlagen, Markewitz-Verlag GmbH (1958)
- [3] Unfallverhütungsvorschriften Kälteanlagen (VBG 20)
- [4] Statusbericht BMFT, Referat für Presse und Öffentlichkeitsarbeit (1978)
- [5] K. Stephan / D. Seher: Arbeitsgemische für Sorptionswärmepumpen, Ki - Klima-Kälte-Heizung 1/1980
- [6] H. Loewer: Sorptionswärmepumpen-Prozesse und ihre Einsatzmöglichkeiten, VDI-Berichte 289 (1977)
- [7] Fa. Happel Prospekt AWP-Seriengeräte, Wärmepumpen für Gasverbraucher (1980)
- [8] F. Steimle: Absorptionswärmepumpen, Gaswärmepumpen-Praxis, Fachtagung 1979, Vulkan-Verlag
- [9] H. Lindner: Wärmever-sorgung einer Einfamilien-siedlung mit Gaswärmepumpen und Solar-energie, Gaswärmepumpen-Praxis, Fachtagung 1979, Vulkanverlag
- [10] M. Pak und S. Schulz: Erreichbare Energieein-sparungen beim Einsatz von Absorptionswärmepumpen zur Haushei-zung, Kälte + Klimatech-nik 9/1979
- [11] H. Bockwyt: Hauswärmepumpen, Die Kälte-und Klimatechnik 2+3/1980
- [12] H. Lindner: Heizwärmepumpe - eine Energie-alternative, Grundlagen - Anwendung - Wirt-schaftlichkeit, Kälte + Klimafachmann 10/1975
- [13] K. Bach u.a.: Wärmepumpen, Kontakt und Studium Bd. 26 (1979)
- [14] H. Roodebergen: Die gasbeheizte Absorp-tionswärmepumpe, Gas-wärme international 4/1979
- [15] H. Lindner: Nutzung der Niedertemperaturwärme aus Sonne, Luft, Wasser und Erde, TAB 10/1978

Elektronisch geregelte Winkelbohrmaschine

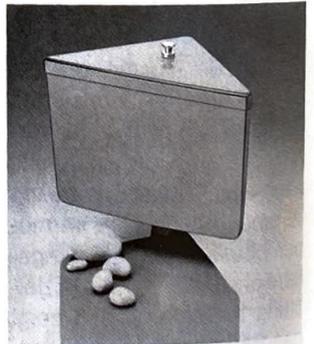
Auch an engen Stellen kann man jetzt mit elektronischer Drehzahlregelung bohren. Die Winkelbohrmaschine Wb E 500 von Metabo mit dem nur 64 mm hohen Getriebe-kopf (mit Zahnkranz-Futter



114 mm) hat einen elektro-nisch geregelten 500-Watt-Motor und liegt dank eines einschraubbaren Zusat-zhandgriffes auch bei extrem großer Belastung sicher in der Hand. Metabowerke, Postfach 12 29, 7440 Nürtingen, Tel. (070 22) 7 21.

WC in die Ecke gesetzt

So manches Mal möchte man das WC in eine Ecke setzen, hat aber dann keine Mög-lichkeit mehr, den Spülkasten unterzubringen und ein Druckspüler ist nicht jeder-manns Sache. Da hilft der Jomo-Eckspülkasten. Seine Be-tätigung ist als Zugknopf im Deckel integriert, er hat die üblichen 9 l Spülmenge, ist



geräuscharm und schwitz-wassergeschützt durch eine Vollisolation, kann wahlweise rechts oder links hinten oder unterhalb angeschlossen werden und die Farben des schlagfesten Kunststoffes passen zu den handelsübli-chen Sanitärfarben. Jomo Josef Mohr GmbH, Postfach 92 01 27, 5000 Köln 91, Tel. (02 21) 87 20 45.

Tabelle 1: Mengenäquivalente und Heizwerte (H_U) von Energieträgern

	kg SKE*	l Heizöl EL	kg Flüssig-gas	m ³ Erdgas H	m ³ Erdgas L	kWh Strom
1 kg Steinkohle ▲	1	0,81	0,64	0,82	0,96	8,14
1 l Heizöl EL ▲	1,23	1	0,78	1,01	1,19	10,00
1 kg Flüssig-gas ▲	1,57	1,28	1	1,29	1,52	12,79
1 m ³ Erd-gas H ▲	1,22	0,99	0,78	1	1,18	9,94
1 m ³ Erd-gas L ▲	1,04	0,84	0,66	0,85	1	8,44
1 kWh Strom ▲	0,12	0,10	0,08	0,10	0,12	1

*SKE = Steinkohlen-Einheit