

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 83 (1965)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Über den Einsatz von Kolbenverdichtern in der Klimatechnik  
**Autor:** Quenzel, Karl-Heinz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-68162>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Über den Einsatz von Kolbenverdichtern in der Klimatechnik

Von Karl-Heinz Quenzel, Stäfa

Im Laufe der letzten Jahre hat die Verwendung von künstlicher Kälte in der Klimatechnik immer stärkere Verbreitung gefunden. Die Umstände, die zu dieser Entwicklung führten, brachten Klimatechniker und Kältetechniker einander näher. Dank dieser Annäherung hat sich auf weiten Gebieten der Kältetechnik eine starke Anpassung an klimatechnische Erfordernisse abgezeichnet. Diese soll, soweit sie sich auf Anlagen mit Kolbenverdichtern bezieht, nachfolgend besprochen werden.

### 1. Geschichtlicher Rückblick

Die wachsenden Anforderungen, die in den letzten zwanzig Jahren an Klimaanlagen gestellt wurden, gaben der Verwendung kältetechnischer Einrichtungen immer stärkeren Auftrieb. Dabei handelt es sich um Bauteile, mit deren Hilfe die Abkühlung und Entfeuchtung der im Klimagerät aufzubereitenden Luft durchgeführt wird. Die Fälle, wo hiefür Brunnen-, Fluss- oder Stadtwasser verwendet werden kann, werden aus folgenden Gründen immer seltener:

- Die erforderliche Kühlwassermenge steht oft nicht zur Verfügung;
- ein zu hoher Wasserpriis macht den Kühlbetrieb unwirtschaftlich;
- die Temperatur des Wassers ist besonders in den Sommermonaten zu hoch, so dass die erforderlichen Luftzustände nicht gewährleistet werden können;
- die Wasseranschlüsse werden vielfach von den zuständigen Behörden wegen Überlastung der Wasserversorgungen, der Frisch- und Abwasserleitungen sowie der Kläranlagen nicht genehmigt;
- der Gehalt an Salzen (Kalk) und anderen Begleitstoffen sowie die korrosiven Eigenschaften des Wassers stellen dessen Verwendung für Kühlzwecke oft in Frage.

Im Hinblick auf diese Gründe ist es nicht verwunderlich, dass künstliche Kühlung schon in den Jahren angewendet wurde, als sich die Klimatechnik aus den Gebieten der Heizungs- und Lüftungstechnik zu entwickeln begann. Dabei kamen Maschinen und Apparate zum Einsatz, wie sie damals in der Kältetechnik üblich waren, so z. B. Kolbenverdichter mit verhältnismässig grossen Ausmassen gegenüber heutigen Anlagen ohne wirtschaftliche Leistungsregulierung und von erheblicher Lautstärke. Als Kältemittel fanden  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$  oder  $\text{NH}_3$  Verwendung. Da diese Stoffe giftig sind, musste in Klimaanlagen indirekt, hauptsächlich mit Kaltwasser, gekühlt werden.

Weitere Kälteverfahren, wie z. B. solche mit Turbo-, Absorptions- oder Dampfstrahl-Verdichtern, wurden in der Klimatechnik nur für grosse Leistungen oder besondere Zwecke eingesetzt. Diese Verfahren konnten jedoch den Kolbenverdichter nicht verdrängen. Anlagen mit Kolbenverdichtern stellen auch heute noch den weitaus grössten Anteil aller verwendeten Kälteverfahren dar. Bild 1 zeigt das Schema einer Klimaanlage in Verbindung mit der zugehörigen Kältemaschine. Ersichtlich sind u. a. die beiden Berührungsstellen zwischen

Klima- und Kälteanlage, nämlich einerseits der Verdampfer 4 im Luftstrom und anderseits das selbsttätige Ventil 10, das die Kälteleistung dem Kältebedarf der Klimaanlage anpasst.

Die Klimatechnik entwickelte sich einerseits in Richtung zur kompakt gebauten und leistungsfähigen Grossklimaanlage und anderseits in der zu kleinsten Einheiten, wie Klimaschränke und Fensterklimageräte. Diese Entwicklung stellte auch Forderungen an die kältetechnischen Einrichtungen, denen sich deren Hersteller anpassen mussten. Erste Anzeichen waren diesbezüglich schon in den dreissiger Jahren in den USA zu bemerken. Nach dem Zweiten Weltkrieg haben sich auch eine Reihe europäischer Kältefirmen entsprechend umgestellt. Die besonderen Anforderungen, die heute an den Kältemaschinenteil für den Einsatz in Klimaanlagen zu stellen sind, sollen nachfolgend näher betrachtet werden.

### 2. Einsatz zweckmässig gebauter Verdichter

Die Bauweisen der Verdichter und der kältetechnischen Apparate sind bis in die Gegenwart laufend verbessert worden. Das zeigt sich in der beträchtlichen Zunahme des stündlichen Hubvolumens und damit der Kälteleistung im Verhältnis zum Verdichtergewicht, Bild 2. Dazu hat der Übergang zur Boxer-, V- oder W-Anordnung der Zylinder wesentlich beigetragen. Zugleich konnten die rotierenden Massen zu einem grossen Teil ausgeglichen und somit die Drehzahlen bis auf 1450 bzw. 1750 U/min erhöht werden. Weiter war es durch Verbesserung der Wärmeübergangsverhältnisse auch möglich, Verdampfer und Verflüssiger gedrungen und für den Einsatz in Klimaanlagen vorteilhafter zu gestalten.

Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete die hermetische Bauweise der Verdichter. Sie setzte schon mit der Entwicklung von Klein-Kühlkabinen in den zwanziger Jahren ein (Autofrigor, Audiffren-Singrün). Später wurde sie auch für Klimaanlagen bis zu Kälteleistungen von etwa 3000 kcal/h angewendet<sup>1)</sup>. Diese Leistung wurde jedoch inzwischen um das Drei- bis Vierfache gesteigert. Es handelt sich dabei um Verdichter, die mit dem Antriebsmotor durch eine gemeinsame Welle verbunden und in zwei, miteinander verschweißten, topfförmigen Stahlkapseln eingebaut sind. Man spricht deshalb auch von gekapselten Verdichtern. Die Anwendung in der Klimatechnik beschränkt sich wegen der bisherigen kleinen Leistungen auf Fensterklimageräte. Erst durch die neuen Leistungsverbesserungen können sie auch in Klimaschränken mit Kälteleistungen bis etwa 12000 kcal/h verwendet werden.

Mit zunehmendem Kältebedarf kommen Verdichter zum Einsatz, bei denen an Stelle der verschweißten Stahlkapseln Gussgehäuse treten,

<sup>1)</sup> Alle Leistungsangaben beziehen sich auf Temperaturverhältnisse im Klimabereich.

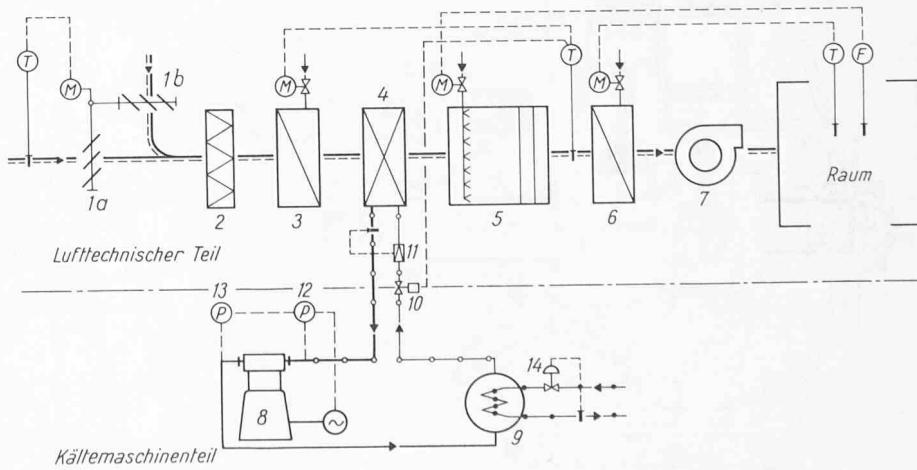


Bild 1. Prinzipschema einer Klimaanlage mit Kältemaschinenteil und einigen möglichen Regelkreisen

1a Frischluftklappe, 1b Umluftklappe, 2 Staubfilter, 3 Vorwärmer, 4 Oberflächenkühler bzw. Verdampfer, 5 Befeuchtungseinrichtung, 6 Nachwärmer, 7 Ventilator, 8 Verdichter mit Antriebsmotor, 9 Verflüssiger, 10 Magnetventil für Kältemittelflüssigkeit, 11 Drosselventil, 12 Niederdruckschalter, 13 Hochdrucksicherheitsschalter, 14 Wasserregulierventil

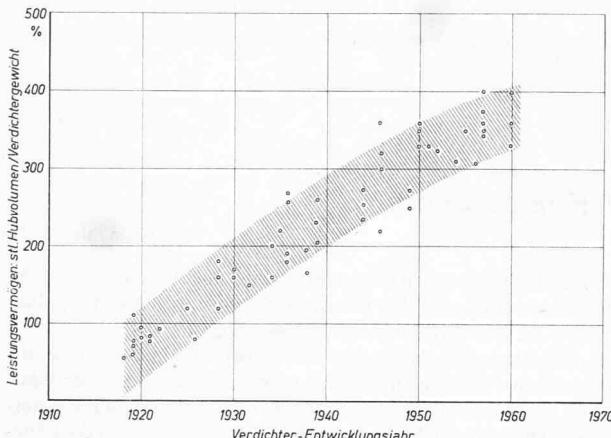


Bild 2. Zunahme des Leistungsvermögens von Kolbenverdichtern während der letzten fünf Jahrzehnte [1]

die an verschiedenen Stellen miteinander verschraubt sind. Der Fachmann spricht dann von der halbhermetischen Verdichterbauweise (Bild 3). Diese bietet sowohl fabrikationstechnische Vorteile als auch eine gute Zugänglichkeit zu den inneren Organen. Da sich der Einsatz solcher Geräte bis zu grossen Kälteleistungen (300000 kcal/h) erstreckt, wäre es unzulässig, wenn sich die Gehäuse am Aufstellungsort nicht öffnen liessen.

Voll- und halbhermetische Verdichter weisen äusserlich keine bewegten Teile auf, wodurch in erster Linie Gefahrenmomente ausgeschaltet werden. Weiter ist der Platzbedarf im Vergleich zu offenen Verdichtern dank dem Wegfall der Kraft-Übertragungselemente wesentlich geringer. So beträgt z. B. die Länge eines Verdichters von 100000 kcal/h der offenen Bauweise mit direkt gekuppeltem Motor 1530 mm und die der halbhermetischen für die gleiche Kälteleistung nur 1050 mm. Der eingebaute Antriebsmotor wird durch das aus dem Verdampfer kommende Kältemittelgas gekühlt. Er gibt somit seine Wärme an das Kältemittel und nicht an seine Umgebung ab. Der letzte Punkt dürfte besonders bei Anlagen von grösserer Leistung in schwierig zu belüftenden Aufstellungsräumen von Vorteil sein. Die durch diese Entwicklung erzielte Gewichts- und Platzersparnis mach-

ten es möglich, Kälteanlagen in kompakten Kühleinheiten zusammenzufassen, wie eine solche z. B. auf Bild 4 zu sehen ist, sowie Klimageräte und -Schränke mit kompletten Kältesätzen auszurüsten. In diesem Zusammenhang ist das Verhältnis zwischen Leistungen und Aufwand an Raum- und Grundflächenbedarf von Klimaschränken interessant, über das Tabelle 1 Auskunft gibt.

Neben Verdichtern in halbhermetischer kommen auch solche in offener Bauweise zum Einsatz. Ihr Leistungsbereich liegt zwischen mittleren und grossen Leistungen. Sie werden durch Elektromotoren angetrieben, deren Leistung mit Kupplungen oder Riementrieben übertragen werden. Der Bereich der offenen Bauweise wird bis zu einer Leistung von etwa 300000 kcal/h durch den der halbhermetischen überschritten. Die Wahl der einen oder der andern Bauweise wird deshalb in diesem Bereich durch kältetechnische oder wirtschaftliche Erwägungen bestimmt.

In der Mehrzahl sind Kolbenverdichter der offenen Bauweise schon für Kälteleistungen von 10 bis 15000 kcal/h mit Leistungsregleinrichtungen versehen. Halbhermetische Verdichter dagegen verfügen erfahrungsgemäss erst ab Leistungen von über 20000 kcal/h über wirtschaftliche Regeleinrichtungen. Es darf in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben, dass die Sauggasmenge bei halbhermetischen Verdichtern mit sauggaskühlten Motoren wegen Abführung der Motorwärme ein bestimmtes Mass nicht unterschreiten darf. Im Falle einer sehr starken Leistungsverminderung soll daher besser auf offene Maschinen zurückgegriffen werden. Dasselbe trifft zu, wo mehrere Verdichter parallel geschaltet werden müssen. Sind diese halbhermetisch gebaut, so können bei Wicklungsschäden – hervorgerufen durch Kurzschlüsse – auch die am gleichen Kältesystem angeschlossenen Verdichtermotoren Schaden nehmen. Im grossen und ganzen verstärkt sich jedoch bei Klimaanlagen der Einsatz von geschlossenen Verdichtern.

### 3. Verwendung geeigneter Kältemittel

Der richtigen Auswahl des Kältemittels kommt in der Klim 技术 besondere Bedeutung zu. Die früher üblichen Kältemittel sind trotz ihrer guten kältetechnischen Eigenschaften aus verschiedenen Gründen nicht geeignet; sie sind zum Teil giftig, brennbar, explosibel und von unangenehmem Geruch. In Klimaanlagen werden sie nur noch selten und unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen zur Kälteerzeugung herangezogen. Weit überwiegend sind die Freone. Im inter-

Tabelle 1. Leistungen und Raum- bzw. Grundflächenbedarf von Klimaschränken mit vertikaler Luftführung

Schrankgrösse	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K
Luftleistung in 1000 m <sup>3</sup> /h	1,7	2,1	3,4	5,1	6,8	10,2	17,0	20,4	27,2	34,0
Heizleistung in 1000 kcal/h	10	17	26	30	35	52	80	100	170	200
Kälteleistung in 1000 kcal/h	8	10	16	22	30	43	75	92	116	145
Anzahl Motor-Verdichter	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
Volumen des Klimaschränkes in m <sup>3</sup>	0,7	0,8	1,2	1,8	2,0	3,5	5,2	5,2	10,0	11,4
Grundflächenbedarf in m <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	3,2	3,5	3,9	4,5	5,4	6,3	8,2	9,1	9,8	10,9

<sup>1)</sup> Die angegebenen Zahlen schliessen ausser der Grundfläche des Klimaschränkes auch die für Bedienung oder Revisionen erforderliche Fläche ein.

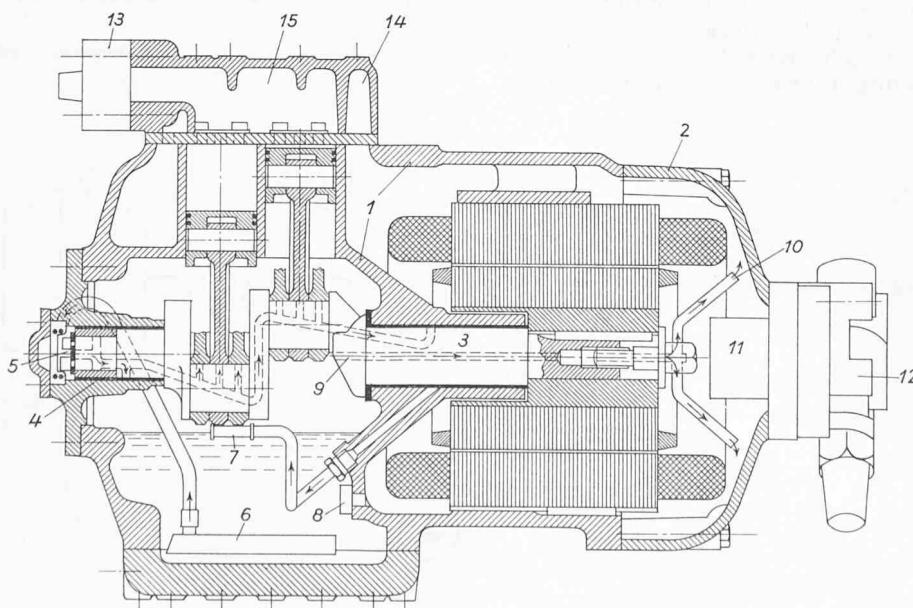


Bild 3. Längsschnitt durch einen sechszykligen Kältekompessor in W-Anordnung der Zylinder und halbhermetischer Bauweise (Carrier)

- 1 Kurbel- und Motorgehäuse
- 2 Motorseitiger Stirndeckel
- 3 Motorseitiges Hauptlager
- 4 Oelpumpenseitiges Lager
- 5 Oelpumpe
- 6 Oelfilter
- 7 Oeldruck-Regulierventil
- 8 Oeldruck-Rückflusssventil
- 9 Bohrung für Leckgas der Zylinder
- 10 Leckgasrohr
- 11 Saugfilter für Kältemittelgas
- 12 Saugabschliessung
- 13 Druckabschliessung
- 14 Saugkammer
- 15 Druckkammer

nationalen Sprachgebrauch hat sich die Abkürzung «R» (Refrigerant) mit einer nachfolgenden, das Kältemittel genauer bezeichnenden Zahl eingebürgert. Es handelt sich dabei um chlorierte und fluorierte Kohlenwasserstoffverbindungen, die etwa um das Jahr 1930 im Laboratorium der Frigidaire Corporation in Dayton, Ohio, entwickelt wurden [2]. Die Freone sind weder brennbar noch in irgend einem Mischverhältnis mit der Luft explosibel. Sie weisen sogar eine feuerlöschende Wirkung auf. Sie sind praktisch ungiftig, die Schleimhäute werden nicht angegriffen, und sie sind erst in grösseren Konzentrationen (etwa ab 20 Vol.-%) in der Luft überhaupt wahrnehmbar [3]. Eingehende Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Luft mit einem Zusatz von 10 und mehr Vol.-% Freon keine gesundheitlichen Schäden hervorbringt. Lebensgefährlich ist der Freongehalt in der Atemluft erst dann, wenn der zum Leben erforderliche Sauerstoffgehalt unterschritten wird.

Von grösstem Interesse sind die kältetechnischen Eigenschaften. Bild 5 zeigt einen Leistungsvergleich einiger Kältemittel gegenüber R 12 in Abhängigkeit von der Verdampfungstemperatur. Wie ersichtlich, sind die volumetrischen Kälteleistungen stark verschieden. Nicht jedes der aufgeführten Kältemittel eignet sich in gleicher Weise für den Verwendungszweck einer bestimmten Anlage.  $\text{NH}_3$  z. B. soll, wie erwähnt, nur bei indirekter Luftkühlung und unter zusätzlichen Sicherheitsvorkehrungen benutzt werden. R 22 eignet sich nicht in luftgekühlten Kälteanlagen wegen der höheren Verflüssigungsdrücke und Überhitzungstemperaturen.

Zu beachten ist in Bild 5 die Zunahme der Antriebsleistung des Verdichters. Sie verläuft nicht im gleichen Verhältnis wie die der Kälteleistung. Dieses Verhalten ist vor allem auf den wachsenden mechanischen Wirkungsgrad bei Verwendung von Kältemitteln mit grösseren spezifischen Kälteleistungen bei der gleichen Maschinengröße zurückzuführen. Tabelle 2 gibt Aufschluss über die Verwendung der verschiedenen Kältemittel beim Einsatz von Kolbenverdichtern in Klimaanlagen.

#### 4. Anpassung der Kälteleistung

Der Kältebedarf einer Klimaanlage kann sich im Bereich von 0 bis 100% verändern. Diese Veränderung ist fast nie allmälig oder gleichmäig, sondern zeitlich sehr unterschiedlich und sprunghaft. Sie verlangt unweigerlich, dass sich die Kälteleistung des Kälte-

Tabelle 2. Verwendung einzelner Kältemittel in der Klimatechnik

Kältemittel	$q^1)$ kcal/m <sup>3</sup>	$p_s^2)$ ata	$p_a^3)$ ata	Verwendung
Difluordichlor- methan R 12	604	3,69	9,77	Komfortklimageräte, Anlagen für kleine Leistungen, Wärmepumpen, Anlagen mit luftgekühlten Verflüssigern
Monofluordichlor- methan R 21	201	0,88	3,02	Luftgekühlte Kältemaschinen für Kraftwagen, in Heissbetrieben und in tropischen Gebieten
Difluormonochlor- methan R 22	963	6,00	15,79	Wassergekühlte Kältemaschinen von kleinen bis zu grossen Leistungen, besonders in kompakten Kühlseinheiten
Tetrafluormono- chlormethan R 114	212	1,09	3,47	Kältemaschinen, ähnliche wie R 22
Carrene <sup>4)</sup> R 500	730	4,39	11,70	Kältemaschinen, ähnliche wie R 12
Ammoniak $\text{NH}_3^3$	1081	5,25	15,85	Wassergekühlte Kältemaschinen grösserer Leistung für indirekte Luftabkühlung

<sup>1)</sup> Volumetrische Kälteleistung bei +5/+40/+35.

<sup>2)</sup> Verdampfungsdruck bei +5 °C

<sup>3)</sup> Verflüssigungsdruck bei +40 °C.

<sup>4)</sup> Carrene ist ein von der Carrier Corp. entwickeltes Kältemittel. Es setzt sich aus 26,2%  $\text{CH}_3\text{CHF}_2$  und 73,8%  $\text{C Cl}_2\text{F}_2$  (R 12) zusammen.

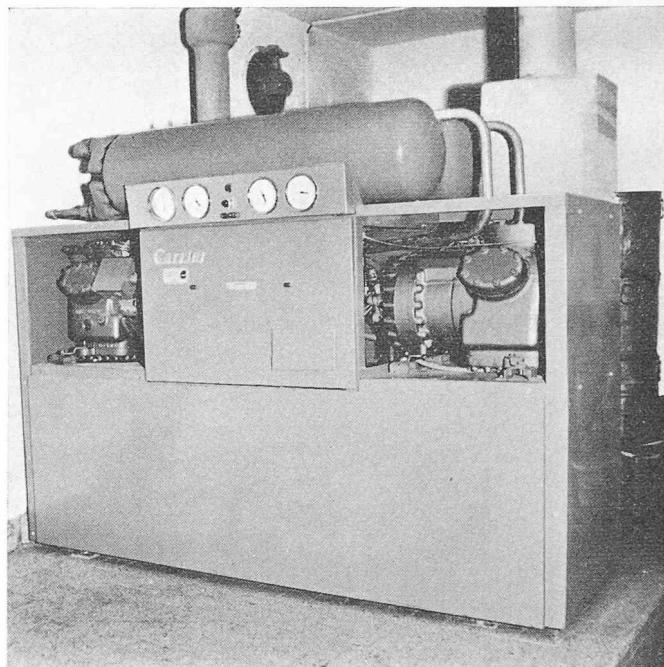


Bild 4. Anchlussfertige Wasserkühlleinheit für rund 100 000 kcal/h (Werkbild: Ventilator AG)

maschinenteils ihr unverzüglich anpasse. Dementsprechend wurden Verdichterbauarten entwickelt, die eine rasche und wirtschaftliche Leistungsanpassung erlauben. Geeignete Möglichkeiten sind verschiedentlich beschrieben worden [4]. Hier soll lediglich die stufenweise Leistungsregulierung durch Zu- und Abschalten einzelner Zylinder behandelt werden. Dieses Regelungsverfahren hat sich besonders in den letzten Jahren mit dem Aufkommen der Vielzylindermaschinen eingebürgert. Je grösser die Zylinderzahl, desto feiner ist die Regelung.

Wie aus Bild 6 hervorgeht, kann das Saugventil 1, das sich am oberen Rand der Zylinderbüchse 2 befindet und deren Bohrung ringförmig umgibt, durch Finger 3 in der geöffneten Stellung festgehalten werden, so dass im betreffenden Zylinder das angesaugte Gas während der Verdichtungshübe immer wieder in den Saugraum zurückgefördert wird. Die Finger stützen sich über Federn 4 auf einen Ring ab, der mit einem Kipphobel 5 vom Kolben 6 des Servomotors 7a in Richtung der Zylinderaxe verschoben werden kann. Auf den Kolben wirkt von oben die Kraft der Feder 8, während der Raum unter ihm bei Betrieb von Schmieröl unter vollem Pumpendruck gefüllt oder mit dem Ablauf verbunden ist. Im ersten Fall befindet sich der Kolben wie gezeichnet in seiner obersten Stellung, und die Finger 3 geben das Saugventil 1 frei; im zweiten Fall wird das Saugventil infolge der Wirkung der Feder 8 in der geöffneten Stellung festgehalten. Das trifft bei Stillstand und bei Betrieb mit verringriger Leistung zu. Das Anfahren erfolgt demzufolge entlastet. Die Förderung setzt erst ein, wenn sich der Öldruck soweit aufgebaut hat, dass er die Kraft der Feder 8 zu überwinden vermag.

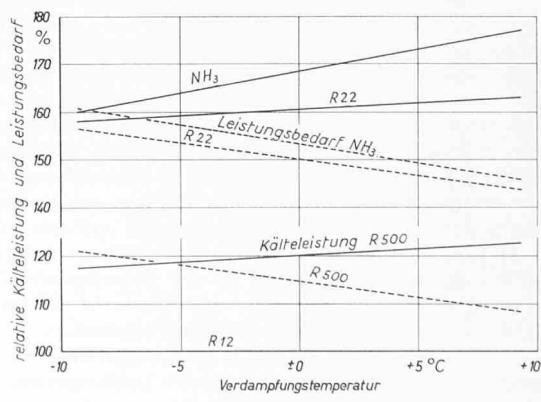


Bild 5. Vergleich der Kälteleistung und des Leistungsbedarfs einiger Kältemittel gegenüber R 12 in Abhängigkeit von der Verdampfungstemperatur bei Verwendung des gleichen Verdichters

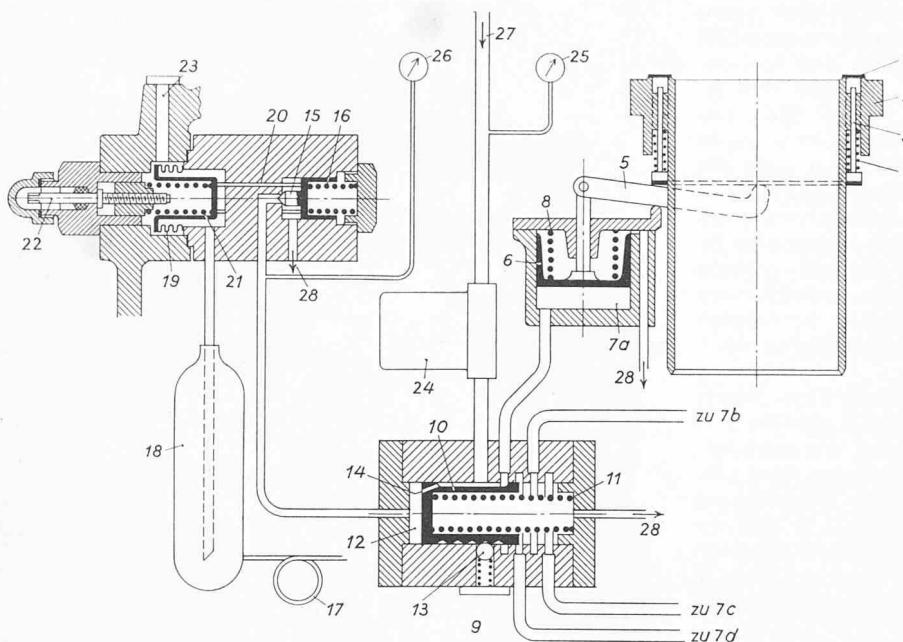


Bild 6. Schema der stufenweisen Leistungsregelung von Carrier

1 Saugventil	17 Kapillarrohr
2 Zylindereinsatz	18 Behälter für
3 Abhebefinger zu 1	Kältemittelgas
4 Feder	unter Saugdruck
5 Kipphebel	Membrane
6 Kolben zu 7	20 Stangen zwischen
7a bis 7d Servo-	15 und 19
motoren	21 Feder zu
8 Feder zu 6	22 Spindel zu 21
9 Hydraulisches	23 Anschluss bei
Relais	pneumatischer
10 Steuerkolben	Regelung
11 Feder zu 10	24 Oelfilter
12 Regelölkammer	25 Manometer für
13 Kugel zum	Schmieröldruck
Arretieren von 10	26 Manometer für
14 Feine Bohrung	Steueröldruck
15 Regelventil für	27 Schmieröl-Druck-
Steueröl	leitung
16 Feder zu 15	28 Oel-Abläufe

Zur Steuerung der Servomotoren 7 der verschiedenen Arbeitszylinder dient ein gemeinsames hydraulisches Relais 9. Der darin eingebaute Steuerkolben 10 steht einerseits unter der Wirkung der Feder 11 und anderseits unter der des Öldruckes in der Kammer 12. Unten ist eine Vorrichtung zum Festhalten des Kolbens 10 in bestimmten Stellungen angebracht, bestehend aus einer federbelasteten Kugel 13, die in Rasten im Kolben eingreift. Der Steueröldruck, der immer kleiner ist als der Schmieröldruck, wird am Ventil 15 eingestellt, bei dem soviel Öl in dem Ablauf austritt, als durch die Bohrung 14 in das Steuersystem eintritt. Je nach der Höhe dieses Druckes nimmt der Steuerkolben 10 die dem gewünschten Betriebszustand entsprechende Stellung ein und steuert die Druckölzufluss zu den verschiedenen Servomotoren 7.

In der Regel wird die Belastung des Ventils 15 vom Kältemitteldruck im Kurbelgehäuse (Saugdruck) abhängig gemacht. Dieser Druck wirkt über ein Kapillarrohr 17 und einen Niederdruckbehälter 18 auf eine Membrane 19, die durch Stangen 20 mit dem Ventil 15 verbunden ist. Dem Saugdruck entgegen wirkt die Kraft der Feder 21, die an der Spindel 22 eingestellt werden kann. Sinkt bei abnehmendem Kältebedarf der Saugdruck, so sinkt infolge der Wirkung der Organe 19 und 15 auch der Steueröldruck, worauf sich der Kolben 10 nach links bewegt und die Servomotoren 7 einzelner Kompressorzylinder mit dem Ablauf verbindet, so dass diese ausschalten. Steigt umgekehrt bei zunehmendem Kältebedarf der Saugdruck, so folgen sich die Regelvorgänge in umgekehrter Richtung, wodurch schrittweise einzelne Zylinder auf volle Förderung umschalten. Die Saugdruckdifferenz, welche die Betätigung aller regulierbaren Zylinder ermöglicht, beträgt etwa 0,5 bis 0,8 kp/cm<sup>2</sup>. Im Klimabereich ergibt sich daraus eine Veränderung der Verdampfungstemperatur von 5 bis 7 °C, die bei der Anlageplanung nicht vernachlässigt werden darf.

Es gibt Fälle, wo sich die zur Leistungsverstellung erforderliche Veränderung der Verdampfungstemperatur nachteilig auswirken würde, indem sie zu unzulässigen Schwankungen der Lufttemperatur beim Austritt aus dem Luftkühler führen könnte. Alsdann kann an Stelle der Steuerung durch den Saugdruck eine solche durch Druckluft treten, deren Druck durch einen Thermostaten in Abhängigkeit von der zu regelnden Lufttemperatur progressiv verändert wird. Die Steuerluftleitung kann beim Stutzen 23 angeschlossen werden. Diese Steuerungsart empfiehlt sich namentlich dort, wo die Regelorgane der Klimaanlage pneumatisch betätigt werden und somit Druckluft zur Verfügung steht. Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch den Anbau eines elektrischen Stellmotors an die Einstellspindel 22, der durch einen Thermostaten gesteuert wird. Dieser ist auf die Regelgröße (Lufttemperatur nach dem Luftkühler) empfindlich.

Der Klimatechniker wünscht für Komfortanlagen in vielen Fällen statt der stufenweisen eine progressive Leistungsregelung und wählt deshalb vorwiegend indirekte Luftkühlung, in der Meinung, mit Kaltwasser lasse sich die Kälteleistung besser regulieren als mit Kältemittel. Die Erfahrungen, die an ausgeführten Anlagen gemacht wurden, zeigen jedoch, dass eine Stufenregulierung von je 25% in Kom-

fortklimaanlagen durchaus gute Ergebnisse zeigt, und zwar aus folgenden zwei Gründen: 1. Bei abnehmendem Kältebedarf sinkt die Temperatur der Luft beim Austritt aus dem Luftkühler und mit ihr die Verdampfungstemperatur; folglich geht auch die Kälteleistung zurück. Umgekehrt steigt sie bei zunehmendem Kältebedarf. Damit wird der Leistungsunterschied beim Übergang von einer Stufe zur andern kleiner. 2. Die kleinen Abweichungen der Lufttemperatur beim Austritt aus dem Luftkühler von ihrem Sollwert, die durch die Stufenschaltung hervorgerufen werden, sind dank der Speicherfähigkeit des ganzen Systems kaum spürbar.

Sind die Anforderungen an ein konstantes Raumklima so hoch, dass ihnen nur mit einer progressiven Leistungsregelung entsprochen werden kann, so lässt sich diese durch den Einbau entsprechend gesteuerter Regelorgane in die Saugleitung des Verdichters verwirklichen, die den Kältemittelstrom mehr oder weniger drosseln. Man kann auch zur mittelbaren Kühlung mit Kaltwasser übergehen. Nur muss sich dabei der Klimatechniker über die erheblich höheren Anschaffungs- und Energiekosten bei kleineren und mittleren Kälteleistungen im klaren sein. Über die verhältnismässige Höhe der Anlagekosten von kompletten Kältemaschinengruppen, wie sie für Klimaanlagen in Frage kommen, gibt Bild 7 Auskunft. Als Bezugspunkt 1,0 wurde eine Gruppe mit Luftkühler für direkte Verdampfung und einer Kälteleistung von 3300 kcal/h gewählt. Mit zunehmender Leistung der Gruppe nehmen die spezifischen Anlagekosten (bezogen auf dieselbe Kälteleistung) stark ab. Kurve 1 gibt diese Abnahme für den Fall mit direkter Verdampfung wieder. Wie ersichtlich, ergeben die Ausführungen mit Kaltwasserkühlung (Kurven 2 und 3) zum Teil beträchtlich höhere spezifische Anlagekosten. Nur bei sehr grossen Leistungen erweisen sich Ausführungen mit Turbokompressoren (Kurve 4) und solche nach dem Absorptionsverfahren mit Lithiumbromid als Absorptionsmittel (Kurve 5) als vorteilhaft. Niedrig sind die Erstellungskosten von Kälteanlagen mit Dampfstrahlverdichtern (Kurve 6), wobei aber die Wirtschaftlichkeit vom Dampfpreis und von den jährlichen Betriebsstunden abhängt.

Bezüglich der Energiekosten ist zu bedenken, dass bei der indirekten Kühlung durch die Zwischenschaltung eines Wasserkreislaufes eine um mehrere Grade tiefere Verdampfungstemperatur im Kältemaschinenteil festgelegt werden muss, die eine um etwa 4% höhere Verdichterantriebsleistung gegenüber direkter Luftkühlung erfordert. In dieser Mehrleistung sind noch keine Beträge für die Kaltwasserpumpen und für die Mehrleistung des Lüfters enthalten, die durch den höheren Druckverlust hervorgerufen wird, den ein wasserbeaufschlagter Luftkühler gegenüber einem Verdampfer aufweist. Alle diese Fragen, von denen hier nur einige aufgeführt sind, stehen u. U. zur Diskussion, wenn über die Wirtschaftlichkeit der Leistungsregulierung für Klimaanlagen gesprochen wird.

##### 5. Geräuscharmer Lauf und schwingungsfreie Aufstellung der Verdichter

Geräuscharmes Arbeiten der Verdichter ist in Klimaanlagen unerlässlich. Trotz des relativ ruhigen Laufes, der bei neuzeitlichen Mo-

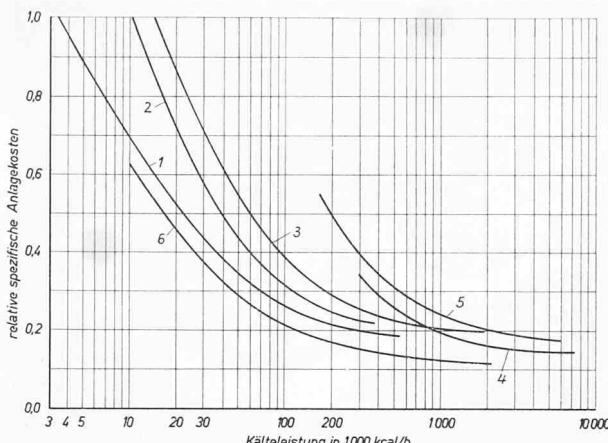


Bild 7. Relative spezifische Anlagekosten verschiedener kälte-technischer Einrichtungen in Abhängigkeit von der Kälteleistung

1 Kälteanlage für direkte Luftkühlung	kompressor
2 Wasserkühlleinheit	5 Absorptions-Wasserkühlleinheit mit Lithiumbroniid als Absorptionsmittel
(ohne Luftkühler)	6 Wasserkühlwanlage mit Dampfstrahlverdichtung
3 Wasserkühlwanlage mit Kolbenkompressor	
4 Wasserkühlwanlage mit Turbo-	

dellen erreicht wurde, ist und bleibt der Kolbenverdichter wegen seiner exzentrisch umlaufenden und seiner hin- und hergehenden Massen eine Geräuschquelle. Bauweisen, bei denen die exzentrisch rotierenden Massen durch Gegengewichte ausgeglichen sind, arbeiten wesentlich ruhiger. Verbesserungen im gleichen Sinn brachten auch die neuen Verdichterbaufomren, bei denen die Kolben gegeneinander, in V- oder W-Form angeordnet wurden. Ein Ausgleich der schwingenden Massen konnte durch diese Massnahmen jedoch kaum erreicht werden.

Die Erschütterungen werden durch das Fundament oder die Anschlussleitungen auf das Gebäude übertragen. Um auch diese nachteiligen Erscheinungen zu beseitigen, soll sich zwischen dem Boden des Aufstellungsraumes und dem Verdichter eine schwingungsisolierende Masse befinden. Zu diesem Zweck werden Kork- bzw. Gummiumunterlagen oder besondere Schwingungselemente aus entsprechenden Materialien verwendet. Die Amplituden der auftretenden Schwingungen werden durch zusätzlich mitschwingende Massen (Fundament) wesentlich verkleinert. Zur schwingungsisolierten Aufstellung von Verdichtern gehören auch flexible Verbindungsstücke in den Saug-, Druck- und sonstigen Leitungen. Werden alle diese Massnahmen fachgerecht getroffen, so sind die auftretenden Erschütterungen zum grössten Teil lokalisiert. Es kann auf diese Weise eine Dämpfung bis zu 98 % erreicht werden [5]. Die restlichen 2 % gehen auf die übrigen Anlageteile und auf das Gebäude über.

Der Stärke des bei Kolbenverdichtern auftretenden Körper- und Luftschalls ist besondere Beachtung zu schenken. Während der Körperschall durch die freischwingende Aufstellung des Verdichters gedämpft wird, verbreitet sich der Luftschall ungehindernt auf die Umgebung. Seine Stärke hängt von der Zylinderanordnung, der Bauweise, der Drehzahl und der Ventilkonstruktion ab. Hinzu kommt das Motorengeräusch, das u. a. durch Aufbau, Belastung und Drehzahl bestimmt wird. Besonders sei in diesem Zusammenhang auf polumschaltbare Motoren hingewiesen. An ausgeführten Anlagen hat sich gezeigt, dass Verdichter neuer Bauart in der Geräuschentwicklung von den Elektromotoren oft übertroffen werden. Hier wird einer der Vorteile der hermetischen Bauweise spürbar. Durch den eingebauten Antriebsmotor und den Wegfall der Übertragungselemente weisen diese Aggregate gegenüber der offenen Bauweise wesentlich geringere Lautstärken auf. Eine bedeutende Komponente der Geräuschstärke ist die übliche Konstruktion der Verdichterventile. Sie konnte jedoch bei neuen Verdichtern durch den Einbau von gasgepolsterten Saug- und Druckventilen stark verkleinert werden. Gleich gute Ergebnisse brachte der Einsatz eines Schalldämpfers in die Druckleitung unmittelbar am Druckstutzen.

Einige in Tabelle 3 dargestellte Lautstärkeangaben von Kolbenverdichtern mögen als Anhaltspunkt dienen. Die Angaben beziehen sich auf DIN-Phonmessungen. Über die Dämpfung des Luftschalls gibt es keine Regeln. Es müssen vielmehr örtlich verschiedene Massnahmen getroffen werden, die den Gegebenheiten und den Erfordernissen am Aufstellungsort anzupassen sind. Erwähnt sei lediglich,

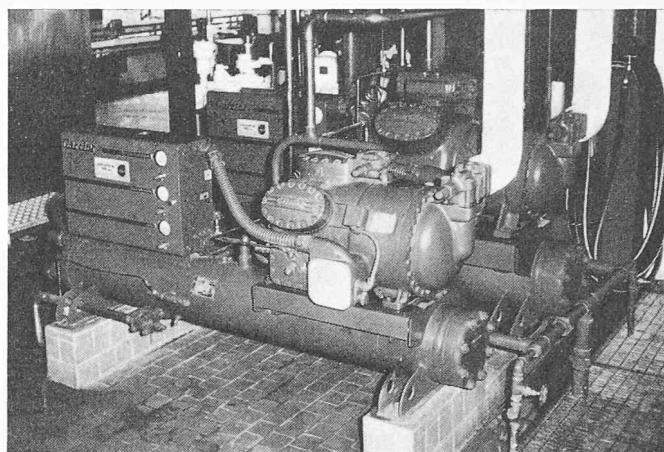


Bild 8. Anordnung von zwei halbhermetischen Verdichter-Verflüssiger-Einheiten als Bestandteil einer Flüssigkeits-Kühlwanlage (Werkbild: Ventilator AG)

dass mit der Aufstellung einer einfachen Pappwand im Abstand von 1 m um ein Verdichteraggregat eine Verringerung der Lautstärke um 12 DIN-Phon erreicht wurde. Angaben über zulässige Lärmeinwirkungen auf die Umgebung sind in [6] zu finden. Schon bei der Planung von Klimaanlagen ist zu bedenken, dass Luftkanäle in Kältemaschinenräumen wegen der Geräuschübertragung zu vermeiden sind. Kann auf sie nicht verzichtet werden, so sind sie am Ein- und Austritt des Maschinenraumes mit flexiblen Manschetten zu versehen.

#### 6. Kompakte Bauweise und geringes Gewicht

Mit dieser Forderung wird vor allem dem Verlangen nach möglichst geringem Grundflächenbedarf und universeller Verwendung des Kältemaschinenteils Rechnung getragen. Benutzer, Architekten und Klimafachleute müssen sich aber darüber im klaren sein, dass auch dieser oft vernachlässigte Teil einen angemessenen Aufstellungsraum benötigt. Kleine, schwer zugängliche Nebenräume, dunkle Ecken usw. sind dafür ungeeignet. Der Aufstellungsraum muss eine bestimmte Grösse im Verhältnis zur Kälteleistung aufweisen; er sollte gut zugänglich und hell sein und muss über eine natürliche oder künstliche Be- und Entlüftung verfügen. Seine Grundfläche soll nicht nur der Grösse der einzelnen Anlageelemente entsprechen; vielmehr müssen die Maschinen- und Apparateile gut zugänglich, und deren Innenteile (z. B. Kurbelwelle oder Röhrenbündel) sollen leicht ausbaubar sein. Revisionen an ausgeführten Anlagen lassen erkennen, dass der Kältemaschinenraum vom Benutzer nachträglich oft als Lager- oder Abstellraum verwendet wurde, was unzulässig ist.

Bild 8 zeigt die Anordnung von zwei Verdichtern in halbhermetischer Bauweise von gröserer Leistung mit untergebauten Verflüssigern und versehen mit einem Schaltkasten, in dem sich neben den Manometern auch die Schaltschütze und die Sicherheitseinrichtungen befinden. Die Anlage lässt weiter die gute Zugänglichkeit aller Einzelteile erkennen. Das Problem des Platzbedarfes vergrössert sich bei der Installation von kompakt zusammengebauten, luftgekühlten Kältemaschinen-Einheiten, bei denen Verdichter, Verflüssiger und Ventilator eine Einheit bilden. Hierbei ist neben der fachgerechten Aufstellung auch die einwandfreie Verflüssiger-Luftführung von ausschlaggebender Bedeutung. Es mag erwähnt werden, dass der Verflüssiger bei einer Kälteleistung von 10000 kcal/h eine Luftmenge von 4500 bis 8000 m<sup>3</sup>/h erfordern kann. Kältemaschineneinheiten dieser Art finden bis zu Leistungen von etwa 40000 kcal/h Verwendung. Sie sind in der Mehrzahl mit Axial-Ventilatoren ausgerüstet. Da bei diesen die Luftmenge mit ansteigendem Widerstand stark abnimmt, ist darauf zu achten, dass der Luftwiderstand den vorgeschriebenen Wert nicht überschreitet.

Tabelle 3. Richtwerte über Lautstärken von Kolbenverdichtern in DIN-Phon (Abstand 1 m von der Geräuschquelle. Es handelt sich hierbei um Mittelwerte verschiedener Messergebnisse. Verdichterdrehzahl 1450 U/min.)

Antriebsleistung des Verdichters in PS	3	5	10	15	20	30	50	100
halbhermetische Typen	64	66	68	69	71	72	73	76
Offene Typen	72	74	76	77	79	80	82	84

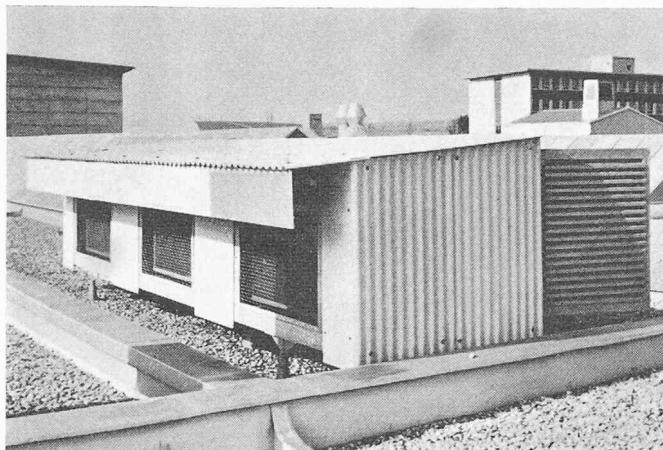


Bild 10. Aufstellung von drei luftgekühlten Kältemaschinenteilen auf einem Flachdach mit gut zugänglichem Wetterschutz (Werkbild: Ventilator AG)

Bild 9 zeigt die Anordnung von vier luftgekühlten Kältemaschineneinheiten, die unter der Laderampe einer Grossverkaufsstätte installiert sind. Obwohl dieser begehbarer Raum von 2,20 m Höhe für einen Kältemaschinerraum nicht als ideal bezeichnet werden kann, so ist doch wenigstens der Grundforderung einer einwandfreien Luftführung und einer guten Zugänglichkeit Rechnung getragen worden. Die Kühlluftmenge wird durch die Klappe 4 derart geregelt, dass die Verflüssigungstemperatur nicht unter einen bestimmten einstellbaren Wert sinkt. Dazu erteilt ein auf den Verflüssigungsdruck empfindlicher Manostat seine Impulse an den zur Klappe 4 gehörenden Stellmotor 5.

Bild 10 zeigt drei luftgekühlte Kältemaschineneinheiten, die auf einem Flachdach aufgestellt und gegen Witterungseinflüsse durch ein Eternitgehäuse geschützt sind. Die Kühlluft strömt ungehindert durch die Geräte hindurch. Auf der Rückseite befinden sich luftdurchlässige Türen, die außer einer einwandfreien Luftführung auch eine gute Zugänglichkeit gewährleisten.

Obwohl im allgemeinen zu kompakten Blöcken zusammengebaute Wasserkühleinheiten den gestellten Anforderungen genügen, findet man auch Anlagen mit getrennt aufgestellten Apparaten für Kaltwasserkühlung. Bild 11 zeigt hiefür ein Beispiel. Auffallend ist die übersichtliche Anordnung und die gute Zugänglichkeit für Bedienung und Wartung. Für eine fachgerechte Aufstellung des Kältemaschinenteils sollte, um Unklarheiten und späteren Komplikationen bezüglich Raum- und Platzfragen zu begegnen, schon bei der Planung der Kältefachmann zu Rate gezogen werden.

#### 7. Grösstmögliche Wirtschaftlichkeit im Betrieb

Betriebswirtschaftliche Überlegungen müssen schon bei der Auswahl des Kühlsystems angestellt werden. Sie sind massgebend bei der Bemessung der einzelnen Bauteile, insbesondere des Verdichters und bei der Festlegung der Verflüssigungstemperatur. Bei der Auswahl des Kühlsystems mag Tabelle 4 helfen. Es werden darin drei Kühlsysteme (Frischwasserkühlung, direkte Kühlung und indirekte Kühlung) miteinander verglichen. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf Bild 7 verwiesen.

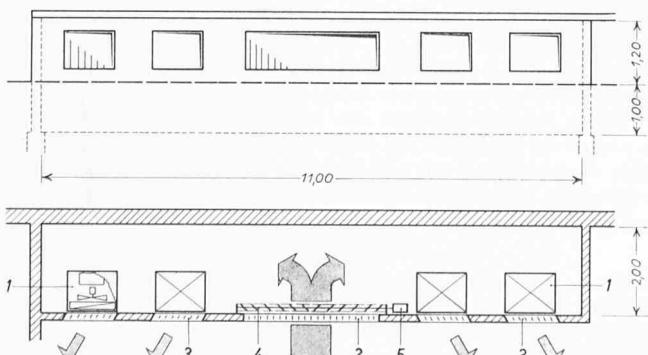


Bild 9. Anordnung von vier luftgekühlten Kältemaschinenteilen unter einer Laderampe  
1 Kältemaschinenteil (Verdichter, Verflüssiger und Axiallüfter), 2 Luft-einsaugöffnung, 3 Luftausblasöffnung, 4 Luftklappe zur Regulierung des Verflüssigungsdruckes, 5 Stellmotor

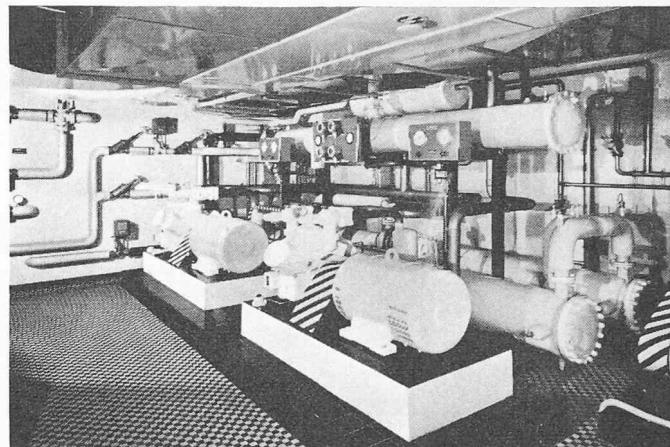


Bild 11. Wasserkühlwanlage in Verbindung mit zwei offenen Verdichtern als Bestandteil einer Klimaanlage (Werkbild: Carrier)

Bei der Wahl des Verdichters ist besonderer Wert auf gute Wirtschaftlichkeit im Teillastbetrieb zu legen. Klima-Kälteanlagen arbeiten während der längsten Zeit des Jahres in unseren Breiten bei etwa 50 bis 60 % ihrer Nenn-Kälteleistung. Die oben (Abschnitt 4) beschriebene Leistungsregulierung entspricht dieser Forderung. Wo zwei Verdichtergruppen vorgesehen werden, sollten deren Kälteleistungen etwa 40 und 60 % der Gesamtleistung betragen. Bei geringem Kältebedarf wird mit dem Verdichter kleinerer Leistung gefahren. Wenn diese nicht mehr ausreicht, übernimmt die grössere Maschine allein die Bedarfsdeckung. Bei grossem Bedarf arbeiten beide Gruppen gemeinsam.

Tabelle 4. Anlage- und Betriebsmittelkosten verschiedener Kühlarten

Kühlart		Frisch- wasser ohne Kälte- maschine	Kalt- wasser mit Kälte- maschine	direkte Ver- dampfung
Anlagekosten	Fr.	10900	35700	24200
Leistungs- bedarf	{ Kälte- kompr. Pumpe	kW	—	29,0
		kW	—	—
Frischwasserbedarf	m <sup>3</sup> /h	25,0	6,4	6,2
Druckverlust d. Kühlers	mm WS	8,0	8,0	6,1
Mehrleistung d. Vent.	kW	0,4	0,4	—
Betriebsmittelkosten	Fr.	7,54	4,96	4,46

Annahmen: Kälteleistung 100000 kcal/h; Luftmenge 40000 m<sup>3</sup>/h; Luftzustand vor dem Kühlen 25°, 55%; nach dem Kühlen 18°, 78%; Bei der Kühlung mit Frischwasser soll sich dieses von 10 auf 14° C erwärmen; bei der Kühlung mit Kaltwasser ebenfalls von 10 auf 14° C. Frischwasserpreis 0,3 Fr./m<sup>3</sup>; Strompreis 0,1 Fr./kWh.

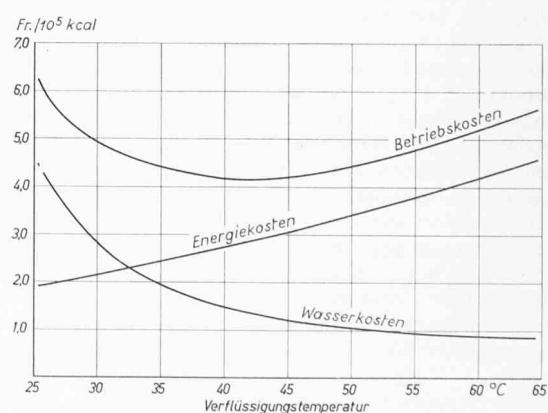


Bild 12. Bestimmung des Betriebskosten-Minimums in Abhängigkeit von der Verflüssigungstemperatur unter folgenden Voraussetzungen:

Kältemittel R 12  
Kälteleistung 100 000 kcal/h  
Verdampfungstemperatur 0 °C

Wasserpreis 0,3 Fr./m<sup>3</sup>  
Strompreis 0,1 Fr./kWh

sam. Nimmt der Kältebedarf wieder ab, so vollzieht sich die Schaltung der einzelnen Verdichter in umgekehrter Richtung. Bei einer solchen Unterteilung laufen die Antriebsmotoren der Verdichter während der längsten Zeit der Kühlperiode mit Vollast, also bei ihrem günstigsten Wirkungsgrad.

Bei luftgekühlten Kältemaschinen oder bei solchen, deren Verflüssiger mit rückgekühltem Wasser gekühlt werden, liegt die Verflüssigungstemperatur durch die gegebenen Kühlmedien am Verflüssiger bereits fest. Wird der Verflüssiger dagegen mit Frischwasser gekühlt, so wird man die Kühlwassermenge und damit die Verflüssigungstemperatur auf den wirtschaftlichsten Wert einstellen. Auf Bild 12 sind die Kosten für Strom und Wasser unter Annahme bestimmter Grundpreise (0,3 Fr./m<sup>3</sup> für Wasser und 0,1 Fr./kWh für Strom) in Abhängigkeit von der Verflüssigungstemperatur aufgetragen. Die Summe beider Kurven ergibt die Betriebsmittelkosten. Sie erreichen im gewählten Beispiel bei einer Verflüssigungstemperatur von etwa 42 °C ein Minimum. Da die Summenkurve sehr flach verläuft, können gewisse Abweichungen von der optimalen Temperatur (etwa im Bereich von 35 bis 50 °C) zugelassen werden.

#### 8. Automatische Arbeitsweise und Revision

Die meisten Klimaanlagen werden automatisch geregelt. Dementsprechend sind auch die dazugehörigen Kältemaschinen mit automatischer Regelung zu versehen. Diese umfasst folgende Funktionen:

Der Verdichter darf nur dann eingeschaltet werden, wenn ein Kältebedarf zu decken und Kühlwasser oder Kühlluft vorhanden ist.

Im Betrieb hat sich die Kälteleistung dem Bedarf anzupassen. Weiter sind die Temperaturen des zu kühlenden Mediums (Luft, Kaltwasser) auf vorgeschriebene Sollwerte einzuregulieren. Oft trifft das auch für die Verdampfungstemperatur zu. Schliesslich sind Organe einzubauen, welche die Anlage gegen unzulässige Betriebszustände selbsttätig schützen. Alsdann kann die Anlage weitgehend sich selbst überlassen bleiben.

Ein weiterer und oft vernachlässigter Punkt betrifft die Wartung und Überprüfung des Kältemaschinenteils. Die Erfahrungen an ausgeführten Anlagen haben gezeigt, dass Revisionen jährlich zweimal

durchgeführt werden sollten. Die meisten Kältemaschinen von Klimaanlagen stehen während der Wintermonate still. Der Kühlbetrieb beginnt meistens erst in den Monaten April bzw. Mai. Vor dieser ersten Inbetriebnahme soll eine alle Teile umfassende Revision und ein Probefetrieb vorgenommen werden. Dagegen ist während der Hauptbetriebszeit hauptsächlich nur eine Leistungsprüfung durchzuführen, die dem Benutzer die Sicherheit gibt, dass seine Anlage auch hinsichtlich Betriebsführung in Ordnung ist.

In der Kältetechnik ist es üblich, die Leistungen der Kältemaschinen auf «Normtemperaturen» (Verdampfung — 15 °C, Unterkühlung + 25 °C, Verflüssigung + 30 °C) zu beziehen. Diese Bedingungen eignen sich schlecht für den Klimabereich, da vor allem die Verdampfungstemperaturen wesentlich höher liegen. Im Sinne einer besseren Anpassung der Kältemaschine an die Klimaanlage wäre es vorteilhaft, die Normtemperaturen zu verwenden, die vom Air Conditioning and Refrigeration Institute (ARI) als Bezugsgrössen empfohlen werden.

Adresse des Verfassers: Karl-Heinz Quenzel, Ingenieur der Ventilator AG, Stäfa/Zürich, Kugelgasse 26, Männedorf ZH.

#### Schrifttum:

- [1] Quenzel, K. H.: Klima-Kältetechnik, «Gesundheits-Ing.» 81 (1964) Heft 10 S. 300/305.
- [2] «Ind. and Engng. Chem.» 22 (1930), S. 542.
- [3] Frigen-Handbuch, herausgegeben von den Farbwerken Höchst AG.
- [4] Quenzel, K. H.: Regelung der Kälteleistung an Kältemaschinen in Klimaanlagen. «Klimatechnik» 4 (1962) Nr. 5, S. 3/9.
- [5] Hilbert, G. S.: Zur Praxis der kältetechnischen Ausrüstung in Klimaanlagen. «Gesundheits-Ing.» 83 (1962) Nr. 2, S. 357/364.
- [6] VDI-Richtlinien 2058 (Juli 1960): Beurteilung und Abwehr von Arbeitslärm.
- [7] Quenzel, K. H.: Bautechnische Gesichtspunkte für die Aufstellung von Klima-Kälteanlagen. «Heiz.-Lüft.-Haustechnik» 15 (1964) Nr. 10, S. 358.

DK 627.1.004.4

Gewässerschutzmassnahmen, ganz unabhängig davon, ob die Gewässer schiffbar gemacht werden oder nicht.

Nach knapp zweijähriger, sehr intensiver Tätigkeit der SWV-Studienkommission und ihrer fünf Arbeitsgruppen war es möglich, den Schlussbericht zuhanden des Ausschusses des SWV abzuschliessen. Dieser erhob die im Schlussbericht vertretenen Thesen, Postulate und Anregungen zu solchen des Verbandes. Die drei vom SWV an die Adresse des Bundesrates gerichteten Postulate lauten:

*Postulat 1:* «Wir empfehlen dem Bundesrat, in Anwendung des Eidg. Gewässerschutzgesetzes die in der Abwasserreinigung säumigen Kantone zur raschen Durchführung der mit oder ohne Binnenschifffahrt vordringlichen Gewässerschutzmassnahmen anzuhalten und verbindliche Normen für Umschlag, Transport und Lagerhaltung flüssiger Brenn- und Treibstoffe aufzustellen.»

*Postulat 2:* «Wir empfehlen dem Bundesrat, zusammen mit den Kantonen dafür besorgt zu sein, dass bei der Durchführung der Regionalplanung und der Aufstellung und Bereinigung von Bauzonenplänen die Belange der Binnenschifffahrt berücksichtigt und dass die für die Erstellung von Häfen und Anlegestellen mit den erforderlichen Verkehrswegen und Industriezonen nötigen Gebiete ausgeschieden werden. Dabei wird es zweckmässig sein, für Hochrhein-Bodensee internationale, für Aare-Jurarandsee interkantonale Regelungen zu treffen.»

*Postulat 3:* «Wir empfehlen dem Bundesrat, unverzüglich die innerschweizerischen Fragen hinsichtlich der Schiffbarmachung von Hochrhein und Aare mit den Kantonen endgültig abzuklären, die Staatsvertragsverhandlungen für die Hochrheinschifffahrt mit den Nachbarstaaten durchzuführen und die administrativen, rechtlichen, technischen und finanziellen Voraussetzungen für den Ausbau und den Betrieb der beiden Wasserstrassen zu schaffen, wobei auch bei allenfalls etappenweiser Ausführung beim Hochrhein als Endziel der Bodensee und bei der Aare einstweilen der Neuenburgersee in Betracht kommen.»

Wir werden im Laufe der nächsten Monate auf dieses reich dokumentierte Gutachten, mit dem sich der SWV um die Klärung einer hochpolitischen Frage grosse Verdienste erworben hat, einlässlich zurückkommen.

Red.