

Mehr Informationen zum Titel

2 Die Hauptteile der Kälteanlage

2.1 Verdichter

Wir haben im Abschnitt „Der Kreisprozess“ erfahren, dass gemäß dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik ein Kältemittelkreislauf ohne Verdichter nicht denkbar ist. Ohne Verdichter kann das aus dem Verdampfer bei niedrigem Druck abgesaugte Kältemittel nicht in einen Zustand gebracht werden, der eine Verflüssigung, d. h. Wärmeentzug bei Umgebungstemperatur durch Luft oder Wasser, ermöglicht.

Zu Recht wird der Verdichter auch das Herz der Kälteanlage genannt. Wegen seiner mechanisch bewegten Teile ist er das empfindlichste Teil der Kälteanlage.

Der Qualitätsstand moderner Kältemittelverdichter ist durch präzise Fertigungsmethoden jedoch heute so hoch, dass bei richtiger Auslegung der Kälteanlage, sauberer Montage, Verwendung eines geeigneten Schmieröls und angemessener Wartung von einer langen Lebensdauer ausgegangen werden kann.

In der Kältetechnik sind derzeit folgende Verdichterbauarten üblich:

Nach dem Verdrängerprinzip

- Hubkolbenverdichter,
- Scrollverdichter,
- Schraubenverdichter und
- Vielzellenverdichter (Rotationsverdichter)

nach dem Strömungsprinzip

- Turboverdichter

Wir wollen uns hier auf Tauchkolben-, Scroll-, Schrauben- und Turboverdichter beschränken.

Die Behandlung aller Hubkolbenverdichter würde den Rahmen dieses Buches sprengen. Kreuzkopferverdichter liegender oder stehender Bauart, ölgeschmiert oder als Trockenläufer, seien hier nur erwähnt.

2.1.1 Hubkolbenverdichter

Die in Kälteanlagen und Kältesätzen mit Abstand am häufigsten eingesetzten Hubkolbenverdichter sind Tauchkolbenverdichter, d. h. Verdichter in denen das Pleuel direkt im Kolben angelenkt ist.

Hier unterscheiden wir noch einmal zwischen

- offenen Verdichtern mit mechanischer Wellenabdichtung sowie
- Motorverdichtern, und zwar
 - mit Wellenabdichtung und Flanschmotor,
 - halbhermetischen Motorverdichtern (Deckelmotorverdichter)
 - hermetischen Motorverdichtern (Kapselverdichter)

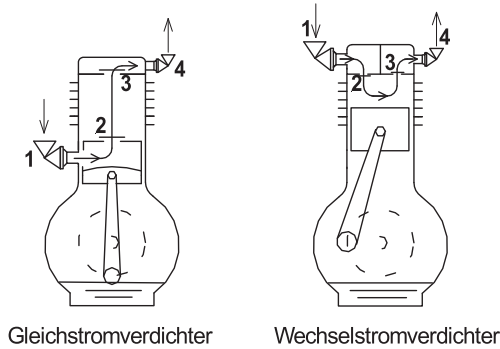


Abb. 2-1: Prinzip der Gleichstrom- und Wechselstromverdichter
1 Saugseitiges Absperrventil, 2 Saugarbeitsventil, 3 Druckerbeitsventil,
4 Druckseitiges Absperrventil

Offene Verdichter können nach zwei Prinzipien gebaut sein: als Gleichstrom- oder als Wechselstromverdichter. Monteure im Reparaturdienst werden hin und wieder auch heute noch Gleichstromverdichter antreffen, die jedoch nicht mehr gebaut werden. Diese Verdichter sind meist in Ammoniakanlagen eingesetzt.

Dieses Grundprinzip gilt für alle Hubkolbenverdichter liegender oder stehender Bauart, je nachdem ob der Kältemitteldampf ohne Umkehrung im Gleichstrom oder durch Umkehrung im Gegenstrom durch den Verdichter geführt wird.

Wie Abb. 2-1 zeigt, strömt der angesaugte Kältemitteldampf durch das im Kolben befindliche Saugventil in den Zylinder und wird ohne Strömungsumkehr bei der Verdichtung ausgeschoben. Dieses Prinzip ergibt gute Liefergrade. Da Ventilplatten und Hubfänger im Kolben untergebracht sein müssen, wird der gesamte Kolben (aus Grauguß) sehr schwer. Die dadurch verursachten großen Massenkräfte setzen der maximal erreichbaren Drehzahl Grenzen. Die üblichen Drehzahlen betragen $n = 500/\text{min}$, in Ausnahmefällen wurden Gleichstromverdichter mit $n = 750/\text{min}$ gebaut.

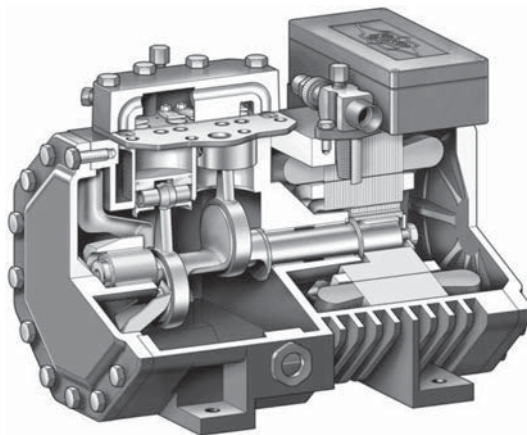


Abb. 2-2: Wechselstromverdichter (Bitzer)

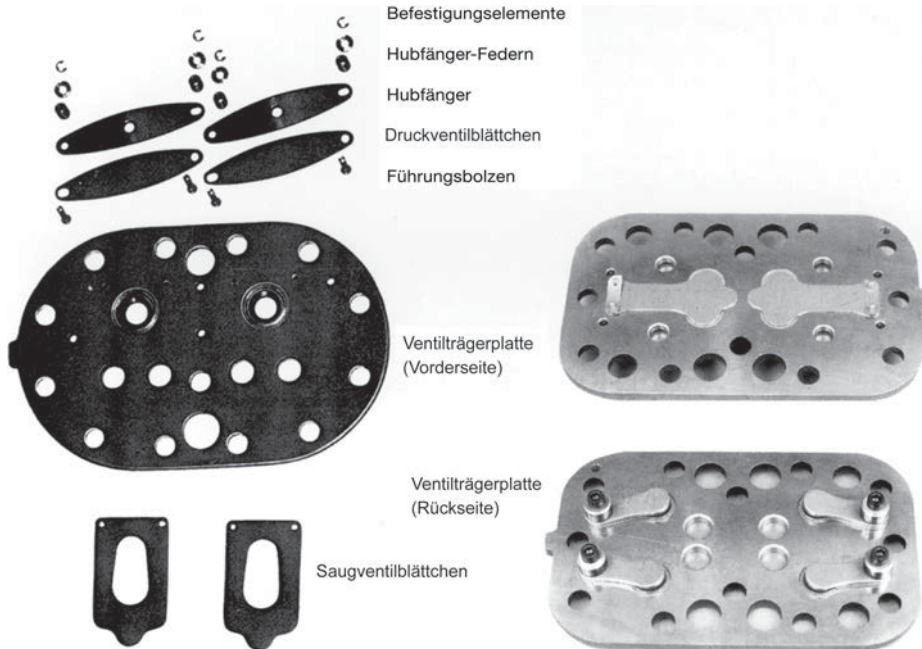


Abb. 2-3: Ventilplatte mit Saug- und Druckarbeitsventil (Hörbiger)

Abb. 2-4: mit Saug- und Druckarbeitsventil (Hörbiger)

Für die Weiterentwicklung der Kältemittelverdichter, mit Leichtmetallkolben und Drehzahlen von $n = 1450/\text{min}$ und mehr, war der Gleichstromverdichter nicht geeignet.

Moderne Tauchkolbenverdichter, die in der Kältetechnik Verwendung finden, sind Wechselstromverdichter.

Unabhängig von der Bauart der eingesetzten Arbeitsventile wird bei diesen Verdichtern das Kältemittel von oben in den Zylinder eingesaugt und auch nach oben wieder ausgeschoben.

Als Arbeitsventile werden für Verdichter ab einem geometrischen Fördervolumen von etwa $\dot{V}_{\text{th}} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$ konzentrisch angeordnete Plattenventile verwendet. Druck- und Saugventil bilden eine Einheit.

Verdichter mit geringerem Fördervolumen, das sind in der Regel Motorverdichter, besitzen Zungenventile, die in einer Zwischenplatte oder Ventilplatte untergebracht sind.

Als Plattenventile ausgeführte Saugarbeitsventile sind zur Leistungsregelung der Verdichter geeignet. Mithilfe einer mechanischen Vorrichtung werden die Ventilplatten des Saugarbeitsventils am Schließen gehindert. Das angesaugte Kältemittel wird in den Saugraum zurückgeschoben.

Auf diese Weise kann die Förderleistung des Verdichters sicher auf 50 % reduziert werden, bei geringen Druckverhältnissen auch darunter. Je weiter die Leistung reduziert wird, je schlechter wird der Verdichter gekühlt. Die Verdichtungsendtemperatur begrenzt die mögliche Leistungsregelung.

Wegen des Energiebedarfs zum Ausschieben des Kältemitteldampfes zurück in den Saugraum des Verdichters arbeitet diese Leistungsregelung nicht verlustfrei. Bei Teillast sinkt die Antriebsleistung nicht in gleichem Maße wie die Kälteleistung.

Die konstruktive Gestaltung der Verdichterbauteile ist naturgemäß von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich. Gleich ist jedoch, dass in Kältemittelverdichtern aller Fabrikate keine handbearbeiteten Teile mehr zu finden sind. Für die Lagerung der Kurbelwelle (meist aus Sphäroguss hergestellt) und für die Pleuel werden einbaufertige Lager verwendet, an denen Nacharbeiten unzulässig sind. Die Pleuel der meisten Motorverdichter haben keine Lager.

Die Kolbenringbestückung variiert sehr stark. Bei Reparatur und Wartung muss das spezielle Verdichterhandbuch herangezogen werden.

Motorverdichter werden kaum am Einsatzort repariert, sondern im Schadensfall ausgetauscht. Die Reparatur erfolgt besser im Werk.

An dieser Stelle sei betont, dass Arbeiten an Verdichtern nur mit geeignetem Werkzeug ausgeführt werden dürfen. Das gilt besonders für die Schraubverbindungen. Hier sind die angegebenen Drehmomente einzuhalten; unbedingt Drehmomentenschlüssel verwenden!

2.1.2 Scrollverdichter

Die Verdichtung des Kältemitteldampfes im Scrollverdichter erfolgt zwischen zwei Spiralen (englisch: scrolls). Eine dieser beiden Spiralen ist stationär (feste Spirale), die andere rollt auf dieser ab (orbitierende Spirale). Zwischen den Spiralen entstehen sichelförmige Taschen, in denen sich das dampfförmige Kältemittel befindet.

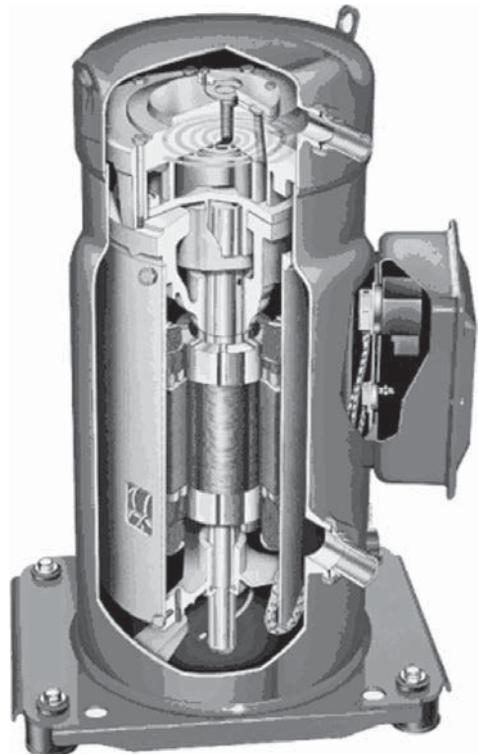


Abb. 2-7: Scrollverdichter (Danfoss)

**Erste Umdrehung:
Ansaugen**

**Zweite Umdrehung:
Verdichten**

**Dritte Umdrehung:
Ausstoßen**

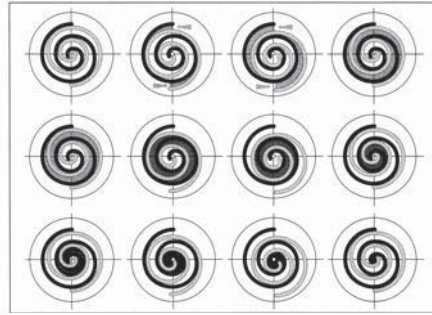


Abb. 2-8: Scrollverdichter; Verdichtungsprinzip (Danfoss)

Durch die Bewegung der orbitierenden Spirale wird der Kältemitteldampf in den sichelförmigen Taschen zum Mittelpunkt beider Spiralen bewegt, wobei sich deren Volumen verringert und der Kältemitteldampf verdichtet wird. Am Mittelpunkt der Spiralen ist eine Öffnung angeordnet, durch die das nunmehr auf Verdichtungsdruck (etwa Verflüssigungsdruck) verdichtete Kältemittel ausgeschoben wird.

Es wird ständig in mehreren Taschen gleichzeitig verdichtet und jeweils in zwei gegenüberliegenden Taschen bei gleichem Druck. Hierdurch wird eine gleichmäßige Verdichtung und ein pulsationsarmer Druckgasausstoß erzielt.

Drei Umdrehungen werden benötigt, um den Kältemitteldampf zu verdichten (siehe Abb. 2-8).

1. In die offenen Taschen (Saugseite) tritt der Kältemitteldampf ein.
2. Die Einströmöffnungen schließen sich. Das Volumen der geschlossenen Taschen vermindert sich, der Kältemitteldampf wird verdichtet.
3. Die Taschen haben die im Mittelpunkt angeordneten Austrittsöffnung erreicht. Der auf Enddruck verdichtete Kältemitteldampf wird ausgeschoben.

Am Austritt des Verdichters befindet sich ein Rückschlagventil, das nach dem Abschalten einen Rückwärtslauf verhindert.

Die Umsetzung der rotierenden Wellenbewegung in die orbitierende Bewegung der Spirale wird, ähnlich wie beim Kurbelantrieb, durch eine spezielle, exzentrisch gelagerte Kupplung – die Oldham-Kupplung – erreicht.

Compliant/Compliance-Prinzip

Das englische Wort bedeutet im technischen Gebrauch: fügsam/Fügsamkeit

Die Spiralen des Scrollverdichters haben die Form von evolventenförmig gewickelten Flacheisen. Um eine möglichst verlustfreie Verdichtung zu erzielen, müssen die Spiralen sowohl radial als auch axial abgedichtet werden.

Radiale Abdichtung

Beim Verdichten müssen die beiden Spiralen möglichst ohne Spalt aufeinander abrollen. Würde die orbitierende Bewegung der beweglichen Spirale durch die konstruktive Ausführung fest vorge-