

*Eine Alternative für energie- und kostenbewußte Großkälteanlagenbetreiber*

# Zweistufige Schraubenverdichteraggregate

Jörg Engelhardt, Berlin

*Für Großkälteanlagen, die mit tiefen Verdampfungstemperaturen und großen Druckverhältnissen arbeiten, ist der Einsatz zweistufiger Schraubenverdichteraggregate zu empfehlen. Diese Aggregate stehen im Leistungsbereich von 471 bis 5800 m<sup>3</sup>/h zur Verfügung.*

Zweistufige Schraubenverdichteraggregate sind mit Niederdruck- und Hochdruckverdichtern ausgestattet, die von separaten Motoren angetrieben werden. Beide Schraubenverdichter sind auf einem gemeinsamen Grundrahmen montiert und werden von einer gemeinsamen Verdichtersteuerung überwacht. Der Hochdruckverdichter ist unterhalb des Niederdruckverdichters angeordnet und mit diesem durch eine kurze Zwischendruckleitung direkt verbunden, so daß das Öl des Niederdruckverdichters zusammen mit dem Kältemittel ohne zusätzliche Einrichtungen dem Hochdruckverdichter direkt zugeführt wird.

Zweistufige Schraubenverdichteraggregate besitzen ein gemeinsames Ölversorgungssystem mit einem horizontalen Ölabscheider. Der Ölkreislauf entspricht dem eines einstufigen Schraubenverdichteraggregates. Nach dem Ölabscheider sind der Ölkühler und das Ölfinefilter angeordnet. Anschließend wird der Ölstrom geteilt.

Der Niederdruckverdichter wird vollständig mit gekühltem und gefiltertem Öl unter Nutzung der Druckdifferenzen zwischen Verdichtungs- und erforderlichem Öldruck versorgt. Das Injektionsöl für den Hochdruckverdichter wird ebenfalls pumpenlos zugeführt. Für die Ölversorgung der Lager, Gleitringdichtung und Leistungsregelung wird eine Ölpumpe installiert.

Zweistufige Schraubenverdichteraggregate zeichnen sich durch einen geringen Platzbedarf und besonders einfache und kompakte Bauweise aus. Eine breite Modellpalette ermöglicht eine optimale Leistungsanpassung. Für die Auswahl des Hochdruckverdichters kann eine zusätzliche Kälteleistung (Seitenlast) auf Zwischendruckniveau berücksichtigt werden. Außerdem ist eine Reserveschaltung durch Einzelbetrieb des Hochdruckver-

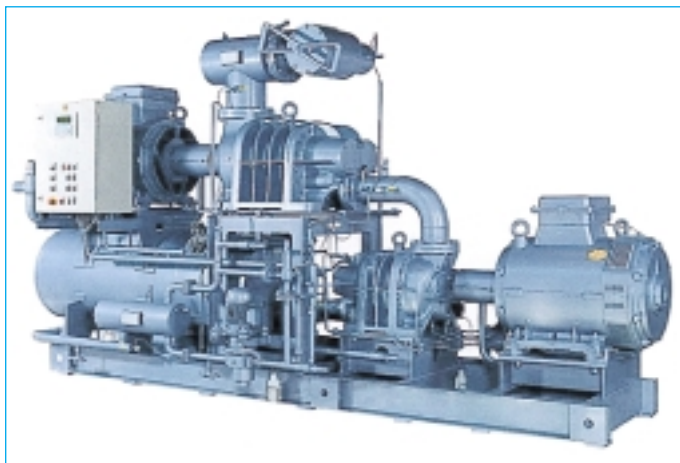


Foto zweistufiges Schraubenverdichteraggregat YE-6

## zum Autor

**Jörg Engelhardt,**  
Produktmanager  
für Schrauben-  
verdichter-  
aggregate,  
GEA Grasso  
GmbH, Berlin

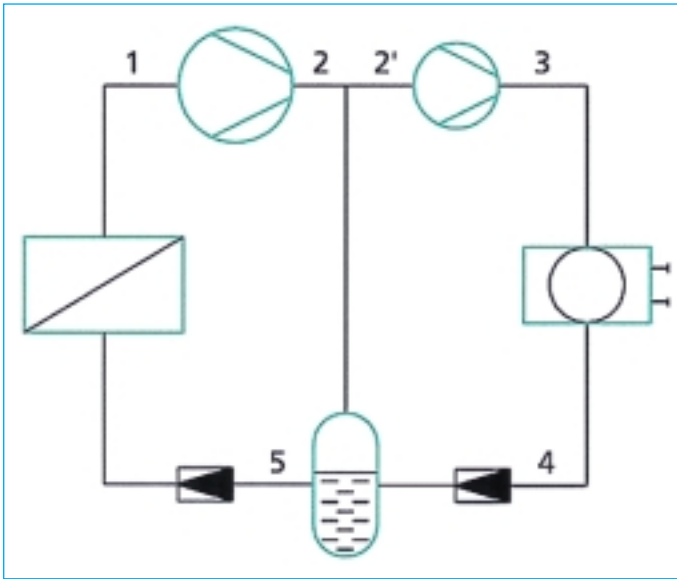


dichters auf Verdampfungs- oder Zwischendrucksättigungstemperatur möglich.

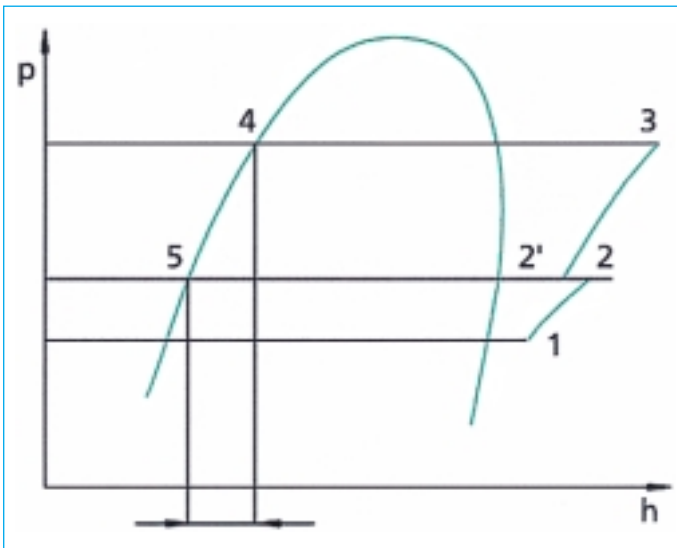
Aus energetischen Gründen sind zweistufige Schraubenverdichteraggregate grundsätzlich mit Zwischenkühlung zu betreiben. Insbesondere für Freon-Anlagen wird aus Kostengründen oft auf einstufige Entspannung orientiert mit Einsatz von Plattenwärmetauschern und thermostatischer Expansion. Die verminderte Leistung auf Grund der Temperaturdifferenzen wird dabei billiger in Kauf genommen.

Für Ammoniak-Anlagen empfiehlt sich eine zweistufige Entspannung zur Flüssigkeitsunterkühlung zur Erzielung bester Leistungsziffern, weil dabei die linke Grenzkurve im log-p/h-Diagramm erreicht wird.

Vergleicht man den Einsatz zweistufiger Schraubenverdichteraggregate mit zweistufiger Entspannung mit traditionellen Anlagenkonzepten, die mit getrennten Nieder- und Hochdruck-Aggregaten sowie Mitteldruckabscheidern arbeiten, so kann auf gleiche und bessere Leistungsziffern der Anlage verwiesen werden. Die höhere Überhitzung des Kältemittels vor Eintritt in den Hochdruckverdichter des zweistufigen Schraubenverdichteraggregates führt beim Kältemittel Ammoniak bekanntermaßen zu einer Verringerung der



*P+h Diagramm, zweistufiges Schraubenverdichteraggregat YE-6*



*Bild P+h und log-p/h Diagramm, zweistufiges Schraubenverdichteraggregat mit zweistufiger Entspannung*

spezifischen Kälteleistung desselben. Dadurch steigt bei gleicher Verdichterkombination der Zwischendruck um ca. 1K an. Die damit verbundene COP-Verschlechterung von weniger als 1,5% kann im praktischen Betrieb vernachlässigt werden. Sie wird jedoch durch kleinere Druckverluste mehr als ausgeglichen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei traditionellen Anlagen das gesamte Kältemittel der Niederdruckstufe dem Mitteldruckabscheider zugeführt wird und gemeinsam mit dem **Drosseldampf** vom Hochdruckverdichter abgesaugt werden muß. Bei zweistufigen Schraubenverdichteraggregaten besteht

eine direkte Verbindung zwischen beiden Verdichtern in die nur der **Drosseldampf**-Anteil eingespeist wird. Diese Lösung ist hocheffizient und kostengünstig.

### **Mit und ohne Economizer**

In der Tabelle sind Ammoniak-Schraubenverdichteraggregate im Leistungsbereich von 250 kW gegenübergestellt, die z. B. für Gefrieranlagen oder zur Lagerung von Gefrierprodukten mit Verdampfungstemperaturen von  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  und Kondensationstemperaturen von  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingesetzt werden. In diesem Vergleich wurden einstufige Schraubenverdichteraggregate mit und ohne Economizer und zweistufige Schraubenverdichteraggregate berücksichtigt.

Dabei wurden die für den Betreiber entscheidenden Kosten verglichen, um eine Entscheidungsfindung bereits im Planungsstadium zu erleichtern. Die Investitionskosten des zweistufigen Aggregates wurden auf 100% gesetzt. Erwartungsgemäß wachsen die Investitionskosten vom einstufigen Betrieb ohne Economizer über den Economizerbetrieb bis zum zweistufigen Aggregat an. Da jedoch die COPs der verglichenen Verdichterslösungen in genau umgekehrtem Verhältnis von einem deutlichen Vorteil des zweistufigen Aggregates über den Economizerbetrieb bis zum einstufigen Betrieb fallen, ergibt sich beim Betreiber ein entscheidend geringerer Energiebedarf. Bei den hohen Energiekosten in Deutschland werden bereits während des ersten Jahres (5000 Betriebsstunden) höhere Kosten für Energie fällig als für die Investition veranschlagt worden ist. Beim zweistufigen Aggregat sind das bereits 193% der ursprünglichen Investition, beim Economizerbetrieb 241% und beim einstufigen Betrieb ohne Economizer sogar 260%. Daraus leitet sich ab, daß für den Betrieb einer Schraubenverdichteranlage nicht die so viel diskutierten Investitionskosten oder Preise über die Gesamtkosten entscheiden, sondern der Energiebedarf. Berücksichtigt man die Gesamtkosten des ersten Betriebsjahres unter den o. a. Bedingungen, so wird deutlich, daß der Einsatz eines zweistufigen Schraubenverdichteraggregates bereits im ersten Betriebsjahr zu Einsparungen führt. Der Zeitpunkt der Kostendeckung (Break Even Point) wird dabei zum Economizerbetrieb bereits nach nur 800 Betriebsstunden erreicht. Würde man darüber hinaus einen energetischen Vergleich im Teillastbetrieb anstellen, fielen dieser noch entscheidender für die 2stufige Lösung aus, da der Economizer bereits bei 80% Kälteleistung wirkungslos wird.

Bei Einsatz zweistufiger Schraubenverdichteraggregate mit der energetisch optimalen zweistufigen Betriebsweise und Zwischenkühlung ergeben sich neben den geringeren Investitionskosten für die Schraubenverdichteraggregate weitere Vorteile bei der Konzipierung und Aufstellung der Kälteanlage im Vergleich zu traditionellen Anlagen: durch Werksmontage und Verkabelung wird eine hohe Qualität der zweistufigen Schraubenverdichteraggregate gesichert. Es ist bekannt, daß

Betriebsart	Zweistufige Schraubenverdichter- aggregate	Einstufige Schraubenverdichter- aggregate mit Economizer	Einstufige Schraubenverdichter- aggregate ohne Economizer
Investitionskosten	100 %	92 %	78 %
COP	1,75	1,40	1,30
Energiekosten 5000 Betriebsstd.	193 % <i>(der Investkosten)</i>	241 % <i>(der Investkosten)</i>	260 % <i>(der Investkosten)</i>
Σ Investitionskosten + Betriebskosten in 5000 Betriebsstunden	293 % <i>(der Investkosten)</i>	333 % <i>(der Investkosten)</i>	338 % <i>(der Investkosten)</i>

Tabelle: Kostenvergleich

Kosten für Montagen am Aufstellungsort deutlich höher sind als Werksmontagen, die Qualität aber meist niedriger. Die Montagekosten werden reduziert, weil praktisch nur ein Schraubenverdichteraggregat zu montieren ist und auch nur ein Fundament benötigt wird. Die Zwischenkühlerkonzeption ist einfacher und erfordert niedrigere Aufwendungen. Selbstverständlich ist der Platzbedarf wegen der kompakten Bauweise eines zweistufigen Schraubenverdichteraggregates kleiner.

Zweistufige Schraubenverdichteraggregate sind also die Alternative für alle energie- und kostenbewußten Anlagenbauer und Betreiber von Kälteanlagen. □