

Parallelanwendungen von Scroll-Verdichtern*

Norbert Kämmer, Guy Hundy, Welkenraedt, Rainer Dietrich, Maintal

Dargestellt werden die Einsatzmöglichkeiten von Scroll-Verdichtern in Parallelanwendungen. Ziel der dargestellten Untersuchungen ist es, beim Einsatz der Verdichter in Kälteanwendungen auf eine aufwendige aktive Ölregulierung zu verzichten und durch eine geeignete Rohrleitungsanordnung einen sicheren Parallelbetrieb zu gewährleisten. Als Ergebnisse werden die Ölniveaus in einer Parallelschaltung von 3 Verdichtern gezeigt, wobei sich bei einer ausreichend dimensionierten Ausgleichsleitung ein störungsfreier Betrieb nachweisen ließ.

Scroll-Verdichter setzen sich auch immer mehr in Kälteanwendungen durch. In der Mehrheit der Anwendungsfälle handelt es sich um Einsätze in Verbundsystemen, bei denen nach entsprechendem Leistungsregulierungsbedarf mehrere Scroll-Verdichter parallel geschaltet werden.

Für die Parallelschaltung von Scroll-Verdichtern gelten im Grundsatz die gleichen Bedingungen wie für die Parallelschaltung von anderen Verdichtern, z. B. von halb-hermetischen Verdichtern. Bedingt durch die Tatsache, daß mit Scroll-Verdichtern eine neue Technologie in den Kältebereich eingeführt wurde, war man mit der Gestaltung der Parallelanwendungen besonders vorsichtig. Dies führte dazu, daß von Copeland aufwendige Ölregulierungssysteme vorgeschrieben wurden. Das Bestreben der Hersteller von

Verbundanlagen jedoch war von Anfang an, auf möglichst einfache und kostengünstige Verbundsysteme zu kommen. Um diesem Bestreben Rechnung zu tragen, wurde von der Firma Copeland ein Versuchsprogramm ausgeführt, das die Anwendbarkeit von einfachen Verbundanlagen-Konzepten auf Scroll-Verdichter untersucht.

Bei der Ausführung von Parallelschaltungen von Verdichtern in Verbundsätzen gibt es eine Vielzahl von Ausführungsmöglichkeiten, die sich jedoch auf zwei Grundtypen reduzieren lassen. Die wesentliche Unterscheidung besteht in der Ausführung der Ölregulierung. Es sind hier zu unterscheiden:

- eine Parallelschaltung mit aktiver Ölregulierung und
- eine Parallelschaltung mit passiver Ölregulierung.

Beide Systeme sind in Bild 1 und Bild 2 schematisch an einem Beispiel mit 3 Scroll-Verdichtern dargestellt.

Bei einer Parallelschaltung mit aktiver Ölregulierung wird das Öl in einem Ölabscheider getrennt und dann über separate Leitungen zu den einzelnen Verdichtern geführt. Über Ölniveau-Regulatoren wird das Öl in die Verdichter eingespeist. Diese Niveau-Regulatoren sind aktive Elemente, die den Ölstand im Kompressor erkennen und entsprechend je nach Bedarf Öl in den Verdichter zurückströmen lassen. Es sind aktive Elemente, die einen Ist-Zustand des Ölniveaus erfassen und über einen Regelmechanismus versuchen, diesen mit dem Sollzustand in Einklang zu bringen.

Ölspiegel-Regulatoren können als mechanische oder auch als elektro-mechanische Elemente ausgeführt werden. Letztere sind besonders geeignet, um Störmeldungen zu liefern.

* Als Vortrag gehalten während der Deutschen Kälte-Klima-Tagung des DKV am 23. 11. 2001 in Ulm.

zu den Autoren

Dr.-Ing. Norbert Kämmer,
Vice President
Engineering,
Copeland S. A.
Welkenraedt (B)



Dr. Guy Hundy,
Direktor
Anwendungstechnik,
Copeland S. A.
Welkenraedt (B)



Rainer Dietrich,
Niederlassungsleiter
Copeland
Deutschland,
Maintal



Bei einer Parallelschaltung mit passiver Ölregulierung wird das Öl entweder über die Saugleitung oder über getrennte Ölleitungen in die Kompressoren zurückgeführt.

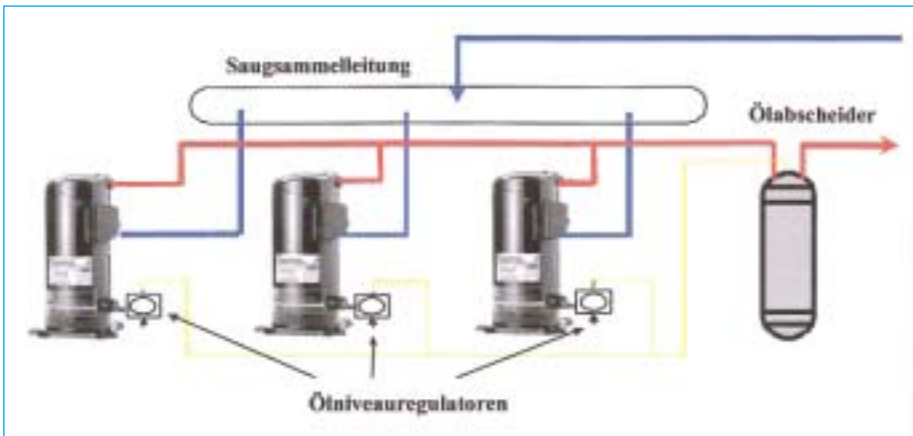


Bild 1 Parallelschaltung mit aktiver Ölregulierung

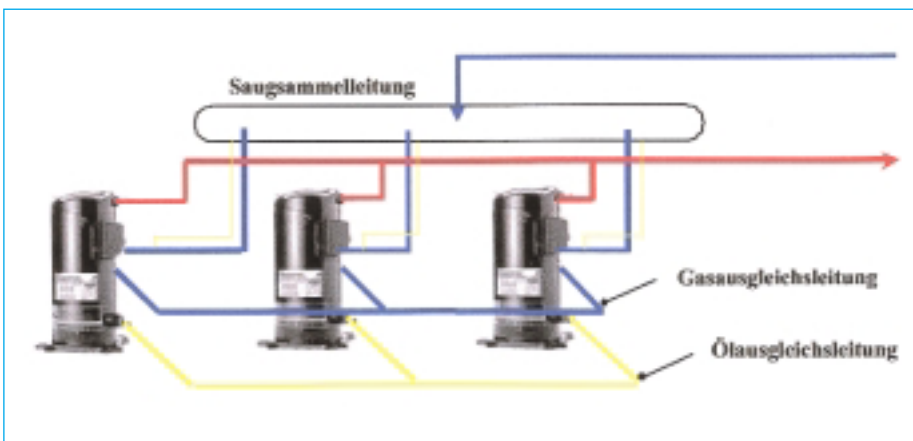


Bild 2 Parallelschaltung mit passiver Ölregulierung

Das im Bild 2 dargestellte System zeigt eine getrennte Ölausgleichsleitung und eine getrennte Gasausgleichsleitung. Über die Gasausgleichsleitung wird ein gleichmäßiger Druck auf der Saugseite der Verdichter erreicht, so daß sich dann durch die Ölausgleichsleitung unter der Einwirkung der Schwerkraft gleiche Ölniveaus einstellen können.

Es ist offensichtlich, daß ein solches System kostengünstiger herzustellen ist, allerdings besteht bei diesem System die Schwierigkeit, daß die Drücke und damit die Ölstände in den einzelnen Verdichtern durch die unterschiedlichen Druckverluste in den einzelnen Rohrleitungsteilen beeinflusst werden. Je nach Rohrleitungsführung und nach Anzahl von betriebenen Verdichtern sind diese Druckverluste und damit die Ölstände unterschiedlich.

Es ist daher offensichtlich, daß eine geeignete Anordnung und Dimensionierung der Leitungen von entscheidender Bedeutung für das Funktionieren des Systems ist.

Für die dargestellte aktive und passive Ölregulierung gibt es noch eine Vielzahl weiterer Gestaltungsmöglichkeiten, so zum Beispiel:

- die Anwendung von Ölabscheidern auch bei passiver Regulierung,
- die Art der Ölabscheidung,
- die Punkte, an denen die Öleinspeisung in die Verdichter vorgenommen wird,
- Anordnung der Öleinspeisung in die Saugleitungen,



Bild 3 Versuchsanlage mit 3 ZF18/ZS45

- Gestaltung der Saugsammelleitungen und weiteres mehr.

Auf Grund der Vielzahl der Möglichkeiten wurde in der nachfolgend geschilderten Untersuchung eine einfache Anordnung wie in Bild 2 mit passiver Ölregulierung, aber ohne getrennte Gasausgleichsleitung gewählt.

Versuchsanlage und Versuchsprogramm

Das Verhalten einer Parallelschaltung von Scroll-Verdichtern ohne aktiven Ölausgleich wurde an einer Versuchsanlage, bestehend aus 3 Scroll-Verdichtern vom Typ ZF18, beispielhaft untersucht.

Bild 3 zeigt die für diese Versuche vorbereiteten 3 Verdichter. In der Ausführung ohne Flüssigkeitseinspritzung entspricht dies einem ZS45 Verdichter. Je nach untersuchten Betriebspunkten wurde die Flüssigkeitseinspritzung zu- oder abgeschaltet. Alle Versuche wurden mit dem Kältemittel R 404A durchgeführt.

Die Verdichter waren mit zusätzlichen Ölschaurohren an der Seite ausgerüstet, um den Ölstand in den Verdichtern erfassen und messen zu können. Darüber hinaus wurden die Drücke und Temperaturen in den saug- und druckseitigen Rohrleitungen, sowie die Drücke und Temperaturen der einzelnen Verdichter gemessen.

Das Ziel der Untersuchung bestand darin, eine Rohrleitungsführung insbesondere für die Ölausgleichsleitung zu finden, die einen Betrieb ohne Ölspiegelregulatoren gestattet. Eine wesentliche Bedingung war jedoch, daß keine Veränderungen an den Verdichtergehäusen zulässig war, so daß in Parallelschaltungen die Standardmodelle eingesetzt werden können. Daraus ergab sich, daß eine Ölausgleichsleitung nur an den Schaugläsern, die im Standard-Lieferumfang enthalten sind, an-

setzen kann. Des weiteren ist damit eine zusätzliche und getrennte Gasausgleichsleitung nicht möglich.

Die untersuchten zwei Anlagenkonfigurationen sind in Bild 3 und Bild 4 dargestellt. Zunächst wurde mit der im Bild 4 dargestellten Konfiguration begonnen, die eine Ölrückführung über die Saugleitung in die Verdichter beschreibt. Sie entspricht einer Anlage ohne Ölabscheidung mittels eines getrennten Ölabscheiders. Der dargestellte Ölabscheider ist ausschließlich aus Prüfstandsgründen notwendig geworden.

Bedingt durch die Größe des Versuchsstandes, auf dem normalerweise bis zu drei 15 PS Scroll-Verdichter laufen, bestand die Befürchtung, daß nicht genügend Öl aus der Anlage zu den Verdichtern zurückgeführt werden könnte. Daher wurde der gezeigte Ölabscheider eingebaut, über den das Öl direkt in die gemeinsame Saugleitung zurückgeführt wurde.



Bild 4 Ölrückführung über die Saugleitung

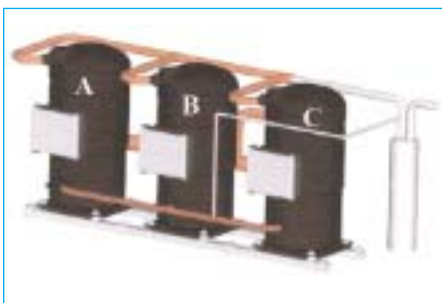


Bild 5 Ölrückführung über die Ausgleichsleitung

Die im Bild 5 dargestellte Konfiguration entspricht einer Anlage mit Ölabscheider, bei der das Öl direkt in die Ölgleichsleitung zurückgeführt wird. Mit diesen beiden untersuchten Anlagenkonfigurationen sollten also Erkenntnisse über real ausgeführte Verbundanlagen mit und ohne Ölabscheider gewonnen werden. Als Kriterium für das Funktionieren bzw. Nichtfunktionieren des Ölgleiches wurden die Ölstände in den verschiedenen Verdichtern verwendet.

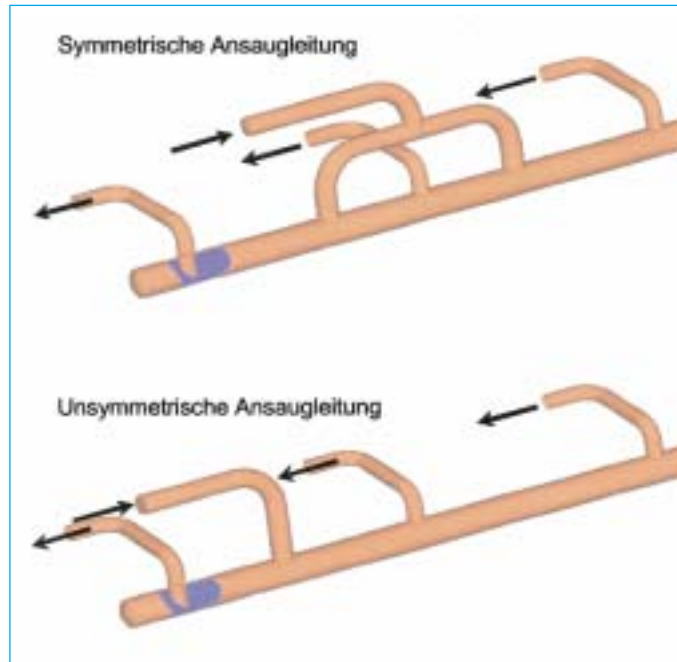


Bild 6 Saugleitungs-konfigurationen

Hierfür wurde nicht die Forderung erhoben, daß das Ölniveau im Schauglasbereich stehen mußte.

Als wesentliches technisches Kriterium war einzuhalten, daß eine ausreichende Schmierung des unteren Lagers bei Öltiefstand zu gewährleisten war und natürlich, daß eine Ölförderung über die Verdichterringe aufrechterhalten werden konnte.

Für die Ausführung mit einer Ölrückführung über die Saugleitung kann die Gestaltung des saugseitigen Sammelbehälters von großer Bedeutung sein.

Aus diesem Grunde wurden zwei unterschiedliche Ausführungen dieses Saug-sammelbehälters untersucht.

In einer ersten Ausführung wurde großer Wert auf eine symmetrische Rückführung des Gases bzw. des Öls in den Saugsammelbehälter gelegt, wie in Bild 6 oben dargestellt. Dies hatte sich bei der Entwicklung von Scroll-Tandemverdichtern für den Klimabereich als wesentlich herausgestellt. In einer zweiten Variante wurde auf die symmetrische Rückführung des Gases in den Saugsammelbehälter verzichtet, und es wurde eine einfachere, aber unsymmetrische Gasrückführung gewählt, siehe Bild 6 unten.

Gegenstand der Untersuchung war grundsätzlich die Gestaltung der Öl aus-

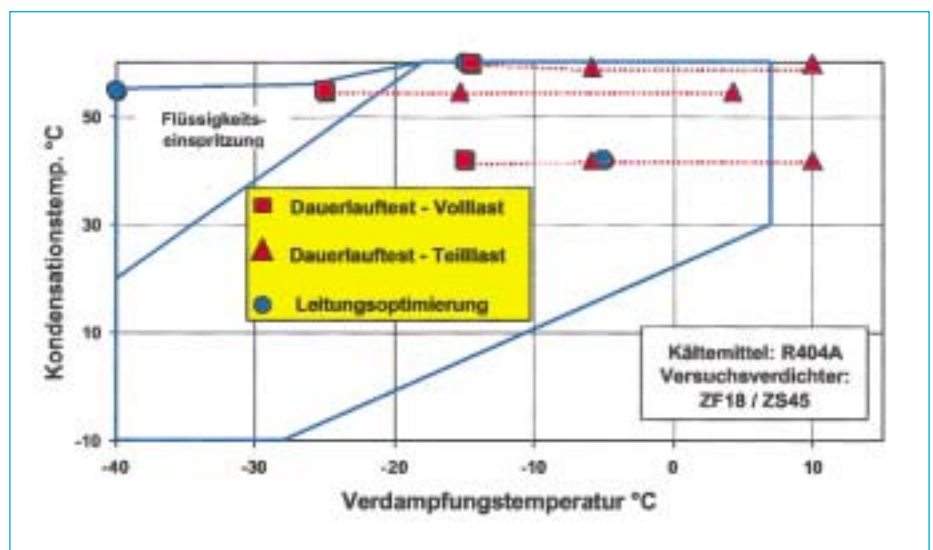


Bild 7 Versuchs-Betriebspunkte

Saugleitungs- ausführung	Ölrück- führung	Durchmesser der Ausgleichsleitung (mm)	Verdichter in Betrieb	Ölabscheider
Symmetrisch	über Saugleitung	6	A + B + C	ja
Unsymmetrisch	über Ausgleichsleitung	16	A + B	nein (*)
		22	A + C	
			B + C	
			A	
			B	
			C	

Tabelle 1 Untersuchte Anlagenvarianten

(*) Ölabscheider aus Prüfstandsgründen

gleichsleitung. Der Hauptparameter hierfür war der Durchmesser der Ausgleichsleitung sowie die Orientierung dieser Leitung, also oberhalb, unterhalb oder in der Ebene der Verdichter-Schaugläser. Hierzu wurden insgesamt zwei Arten von Versuchen durchgeführt.

In Tests zur **Leitungsoptimierung** wurden verschiedene Bedingungen gefahren, in denen Temperaturen, Drücke, Ölstände usw. gemessen wurden. Hierbei wurden verschiedene Leitungsausführungen untersucht.

Typische Betriebszeiten für einen solchen Testpunkt waren jeweils 24 Stunden,

in denen sich Beharrung der Versuchsbedingungen einstellte und während der die Stabilität der Ölstände überprüft wurde.

Bei insgesamt drei verschiedenen Versuchsbedingungen wurden **Dauerlauf-tests** durchgeführt mit Versuchszeiten zwischen 2 und 5 Wochen. Bei diesen Versuchsbedingungen wurden alle möglichen Betriebszustände der drei Verdichter untersucht, d. h. in diesen Betriebspunkten wurden die Verdichter jeweils zu- und abgeschaltet.

Bild 7 zeigt die verschiedenen Testbedingungen im Anwendungsbereich.

Bei den Betriebspunkten, in denen einzelne Verdichter abgeschaltet wurden, verschoben sich die Betriebszustände, da die Prüfstände während dieser kurzen Zeitspannen nicht nachgeregelt werden konnten.

Diese als Teillastpunkte gekennzeichneten Betriebspunkte sind durch Dreiecke in Bild 7 dargestellt.

Aus Tabelle 1 sind die untersuchten Anlagevarianten zu entnehmen. Die wesentlichen Untersuchungsgegenstände waren Saugleitungsausführung, Art der Ölrückführung, der Durchmesser der Ausgleichsleitung, die Anzahl der in Betrieb befindlichen Verdichter sowie die Verwendung eines Ölabscheiders.

Selbstverständlich wurden nicht alle aus Tabelle 1 möglichen Anlagenkombinationen untersucht, sondern es wurde zunächst der Durchmesser der Ausgleichsleitung optimiert. Erst dann wurde der Einfluß der anderen Anlagenparameter untersucht. Allerdings wurde großer Wert darauf gelegt, daß jeweils alle Verdichter-Betriebszustände untersucht wurden.

Untersuchungsergebnisse

Während der Untersuchungen stellten sich, wie zu erwarten war, unterschiedliche Ölniveaus in den einzelnen Verdichtern ein. Um auszuschließen, daß dieses Verhalten durch unterschiedliches, individuelles Verhalten der Verdichter bzw. deren individuellen Ölwurfrate beeinflusst wurde, sind exemplarisch drei Verdichter, die auch in einer Parallelanwendung untersucht wurden, auf ihre Ölwurfrate hin untersucht worden. Damit sollten zwei Fragen beantwortet werden:

- Weisen die Verdichter stark unterschiedliche Ölwurfraten auf?
- Hat das Ölniveau im Verdichter einen großen Einfluß auf die Ölwurfrate?

In Untersuchungen an halb-hermetischen Verdichtern hatte sich gezeigt, daß das Ölstandsniveau im Verdichter einen großen Einfluß auf die Ölwurfraten haben kann.

Die Ergebnisse zu diesen Untersuchungen sind in Bild 8 und Bild 9 dargestellt. Es zeigt sich, daß alle drei untersuchten Verdichter eine sehr niedrige Ölwurfrate von ca. 0,3 bis 0,35 % aufwiesen. Die Unterschiede von Verdichter zu Verdichter waren geringer als 0,1 % und auch relativ unabhängig vom Betriebspunkt.

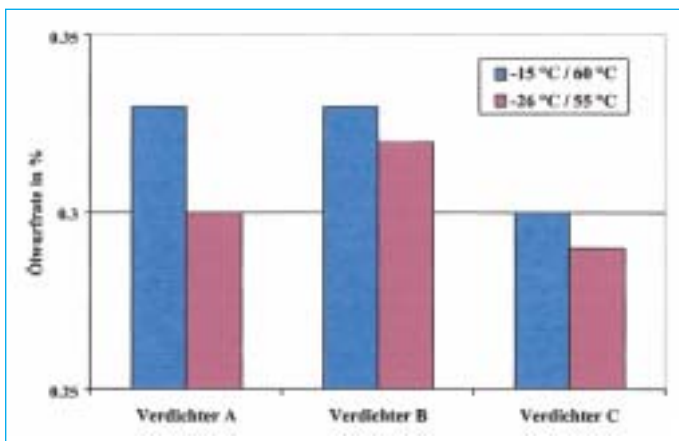


Bild 8 Ölwurfraten verschiedener Verdichter

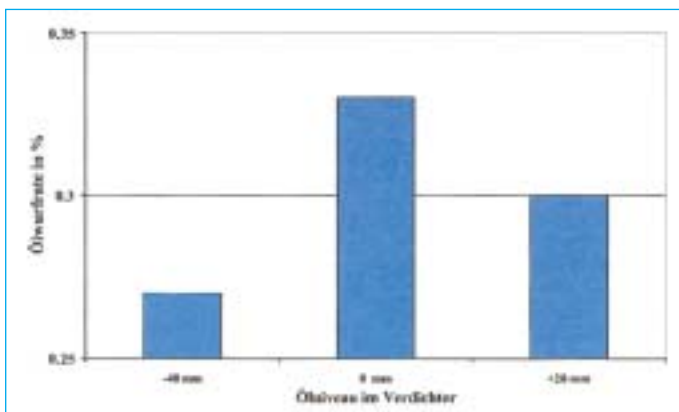


Bild 9 Ölwurfraten bei verschiedenen Ölständen

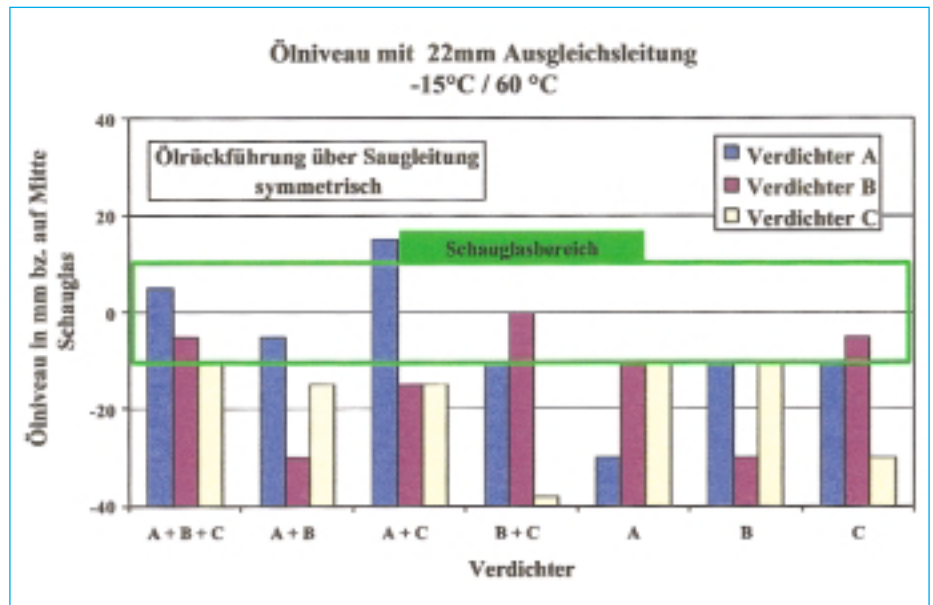


Bild 10 Ölstände in den Verdichtern

Auch die Ölstände in den Verdichtern hatten keinen besonderen Einfluß auf die Ölwurfrate. Hier zeigte sich, daß sich zwischen einem Ölstand von -40 bis +20 mm – bezogen auf Mitte-Schauglas – eine Änderung der Ölwurfrate um max. 0,1 % ergibt.

Als Grund ist hierfür anzusehen, daß der Ölwurf im wesentlichen von dem im Saugstrom mitgerissenem Öl bestimmt wird, der im oberen Bereich in den Verdichter eintritt, und nicht so sehr von der Situation im unteren Lagerbereich.

In Bild 10 und Bild 11 sind die Ölstände mit einer Ausgleichsleitung von 22 mm Außendurchmesser für zwei verschiedene Betriebspunkte dargestellt. Diese Ausgleichsleitung hat sich auch als die am besten geeignete Leitungsgröße herausgestellt. Die Ölstände sind auf Mitte-Schauglas bezogen, und es ist jeweils die Anzahl der laufenden Verdichter gezeigt.

Im Betriebspunkt -15 °C/60 °C zeigt sich ein sehr ausgeglichenes Ölstandsverhalten. Das Ölniveau ist meistens unterhalb Mitte-Schauglas und manchmal in der unteren Hälfte des Schauglases. Bei der Bedingung -40 °C/55 °C sind die Verhältnisse etwas schwieriger. Insbesondere, wenn zwei oder nur ein Verdichter laufen, stellt sich in diesen Verdichtern ein Ölniveau ein, das oberhalb des Schauglases liegt. Die höheren Ölniveaus in den laufenden Verdichtern erklären sich über die größeren Druckverluste in den Rohrleitungsabschnitten, die zu den laufenden Verdichtern führen.

Die in Bild 12 gezeigten Druckgastemperaturen weisen nur eine sehr geringe Streuung zwischen den einzelnen Verdichtern auf. Diese Werte wurden gemessen, um einen Anhaltspunkt für die unterschiedlichen Bedingungen zu erhalten, denen die einzelnen Verdichter in der Verbundanlage ausgesetzt werden.

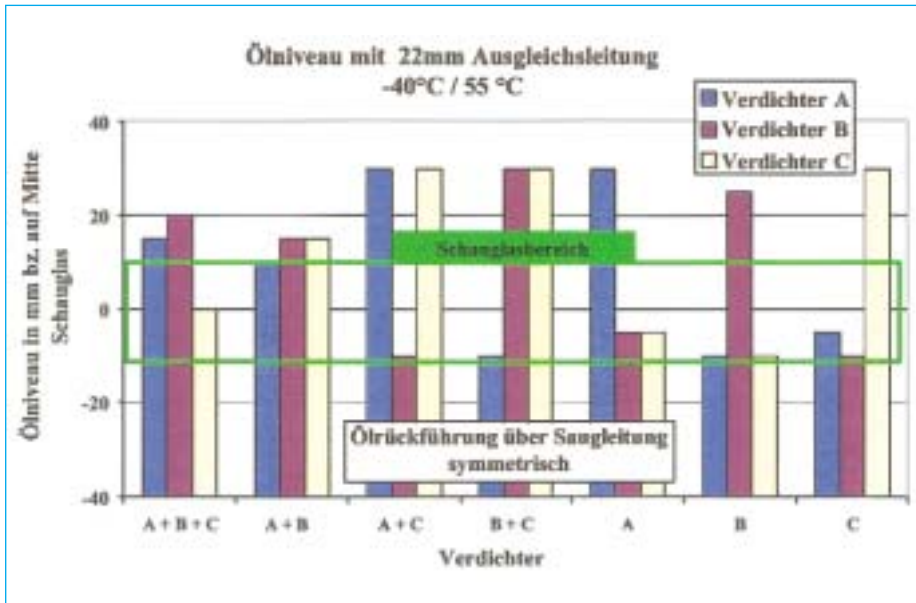


Bild 11 Ölstände in den Verdichtern

In Untersuchungen an Tandemverdichtern, die mit sehr niedriger Überhitzung gefahren wurden, zeigte sich über die Druckgastemperaturen eine ungleichförmige Beaufschlagung der Einzelverdichter mit Flüssigkeit, die sehr empfindlich auf die Gestaltung der Saugleitung reagierte.

Anhand von Bild 13 soll verdeutlicht werden, warum sich die 22 mm starke Ausgleichsleitung als die wirksamste herausgestellt hat. Ein Vergleich mit einer 6 mm starken Ausgleichsleitung zeigt, daß bei dieser kleinen Ausgleichsleitung wesentlich größere Unterschiede in den Ölständen zwischen den einzelnen Verdichtern auftraten.

Leider liegen für diese 6 mm starke Leitung keine Meßergebnisse bei $-40\text{ °C} / 55\text{ °C}$ vor. Beim Betrieb unter diesen Bedingungen stellten sich rasch derartig niedrige Ölniveaus ein, daß die Versuche abgebrochen werden mußten, bevor Beharrung erreicht war. Insofern unterstützt dieses die Schlußfolgerung, daß eine 6 mm starke Ausgleichsleitung zu klein ist. Dies gilt zumindest für den Fall, daß es keine getrennte Gasausgleichsleitung gibt, und dies war ja eine Randbedingung, die für dieses Projekt getroffen wurde, um keine zusätzlichen Fertigungsvarianten zu erzeugen. Während sich also bei einer 22 mm Ausgleichsleitung die Differenzen

im Ölniveau auf max. 40 mm beschränken (Bild 11), betragen sie bei einer Ausgleichsleitung mit 6 mm im gezeigten Betriebspunkt bis zu 90 mm.

Mit der gewählten Öl- und Gasausgleichsleitung von 22 mm ist gewährleistet, daß immer ein freier Querschnitt von 19 mm Durchmesser sowohl in der Ausgleichsleitung als auch in den Anschlüssen an die Kompressoren besteht. Es ist also nicht so, daß die Öl-/Gaseintritte in den Verdichter durch das vorhandene Schauglas einen Engpaß darstellen.

Die Untersuchungen ergaben ebenfalls, daß die Ausführung der Saugsammelleitung (symmetrisch oder unsymmetrisch) entgegen der Anfangerwartung keine nennenswerten Auswirkungen auf die Ergebnisse hatten.

Bei einer ausreichend groß dimensionierten und horizontal verlegten Saugsammelleitung ist die Ölverteilung auch bei unsymmetrischer Gasrückführung gewährleistet.

Gleiches gilt auch für die Ölrückführung in die Ausgleichsleitung. Auch hier zeigte sich ein befriedigender Ölausgleich, vergleichbar mit den Ölrückführungen über die Saugleitung.

Aufgrund der Meßergebnisse, von denen nur ein geringer Ausschnitt gezeigt wurde, wird eine 22 mm starke Ausgleichsleitung als adäquat angesehen.

Es muß erwähnt werden, daß auch bei der Verwendung der 22 mm starken Ausgleichsleitung in einer Reihe von Betriebspunkten die Ölstände oberhalb oder unterhalb des Schauglasbereiches liegen. Dies wird jedoch bei dem Betrieb mit einer Ausgleichsleitung, die an die Schaugläser angeschlossen ist, nicht deutlich. Während der Versuche mit der 22 mm starken Leitung konnte allerdings immer sowohl Gasfluß als auch Öl in der Ausgleichsleitung beobachtet werden, wie die dort angeordneten Schaugläser zeigten. Die Dauertests, bei denen auch diese extremen Zustände gefahren wurden, haben gezeigt, daß damit keine Verdichterschädigung verbunden war. Eine ausreichende Ölversorgung war also immer gewährleistet. Allerdings ist die richtige Befüllung der Anlage mit Öl nun von noch größerer Bedeutung.

Die Versuchsanlage wurde einem mehrwöchigen Testbetrieb unterzogen. Dabei wurden die in Bild 7 dargestellten Punkte gefahren. Der Versuch wurde erfolgreich beendet, und die Analyse der Verdichterteile zeigte einen einwandfreien Zustand.

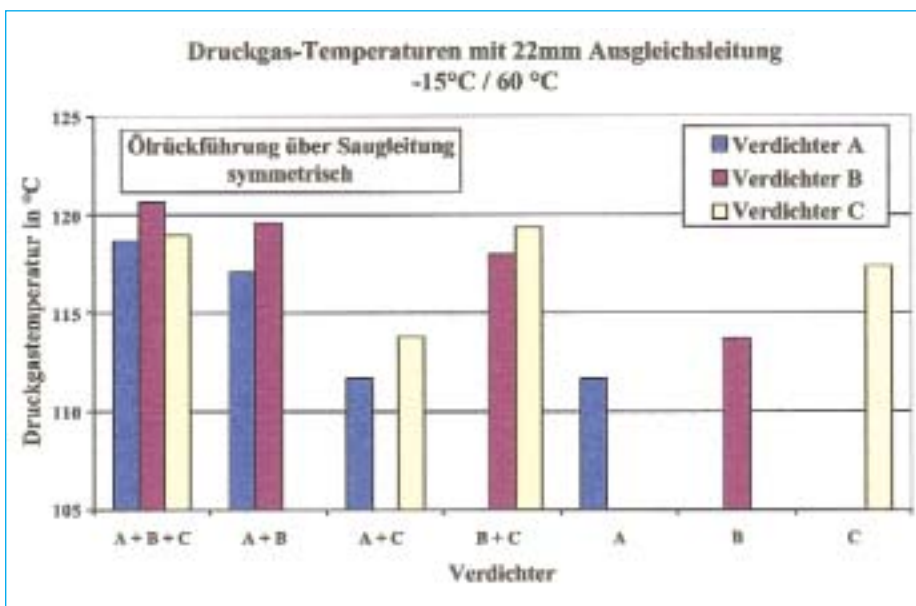


Bild 12 Druckgastemperaturen

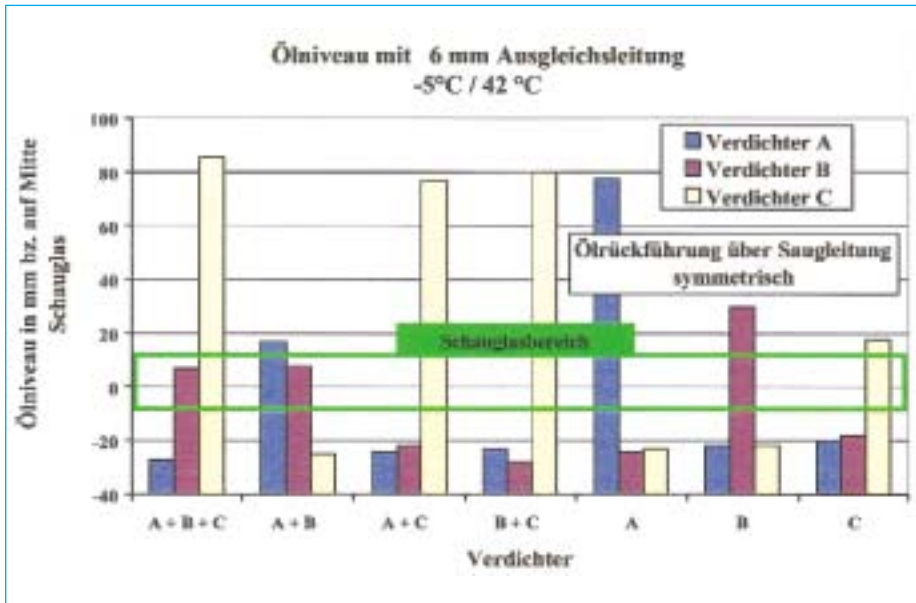


Bild 13 Öl-niveaus mit 6 mm Ausgleichsleitung

Praktische Anwendbarkeit

Am Beispiel einer Verbundanlage mit drei Kälte-Scrolls von jeweils 6 PS wurde nachgewiesen, daß die Leitungsführung für einen Parallelbetrieb ohne aktive Ölregulierung optimiert werden kann.

Dabei wurden folgende Erkenntnisse gewonnen:

- eine Öl-/Gasausgleichsleitung von 22 mm Außendurchmesser (19 mm Innendurchmesser) ist ausreichend dimensioniert.
- Ein Anschluß an die bestehenden Schaugläser ohne Veränderung der bestehenden Gehäuse ist möglich.
- Diese Rohrleitung sollte in der Ebene der Schaugläser verlaufen.
- Bei Rückführung des Öls über die Saugleitung ist eine unsymmetrische Gasrückführung in die Saugsammelleitung ebenso geeignet wie die aufwendigere symmetrische Rückführung. Voraussetzung ist eine adäquate Saugsammelleitung.
- Die Rückführung des Öls in die Ausgleichsleitung aus einem Ölabscheider ist ebenso geeignet wie eine Rückführung über die Saugleitung.

Die Übertragung dieser Schlußfolgerung auf Verdichter kleinerer Leistung erscheint gerechtfertigt, allerdings erstreckt sich dieses nur auf Parallelschaltungen von Verdichtern gleichen Typs. Sogenannte ungleiche Parallelschaltungen müssen noch getrennt betrachtet werden. Dies ist Gegenstand zukünftiger Untersuchungen.

Für Parallelschaltungen von 4 Verdichtern gilt, daß die Anwendbarkeit dieser gewählten Ausgleichsleitung noch nicht nachgewiesen worden ist und dies weiteren Untersuchungen vorbehalten werden muß.

Um eine benutzerfreundliche Verwendung von Kälte-Scroll-Verdichtern in Parallelanwendung zu gestatten, wurde ein spezielles Adapterstück geschaffen, mit dessen Hilfe sich nach Herausrauben des Schauglases und Einschrauben des Adapters in den Schauglaseinsatz die Öl-/Gasausgleichsleitung anschließen läßt. Bild 14 zeigt einen solchen Einbausatz.

Bei den hier verwendeten Adapteranschlüssen außerhalb des Verdichters handelt es sich um in der Kältetechnik standardisierte Rotalockverschraubungen. Dies ermöglicht eine kundenspezifische Ausführung der Öl-Gas-Ausgleichsleitungen, sofern der freie Querschnitt von 19 mm eingehalten wird. Neben den einzelnen Adaptern zur individuellen Lösung wird auch ein kompletter Einbausatz, welcher alle benötigten Bauteile für den Öl-Gasausgleich beinhaltet angeboten (siehe Bild 14).

Zusätzlich zum Adapter beinhaltet dieser Einbausatz ein Ölschauglas zur Ölstandskontrolle und Kugelabsperrentile, welche im Servicefall ein Absperren der Ausgleichsleitung und einen Austausch eines Verdichters bei gleichzeitigem Betrieb der anderen zwei Verdichter ermöglicht. Wie auch hier deutlich wird, gibt es keine pauschale Lösung, sondern jeder Planer eines solchen Systems muß nach den anlagespezifischen Anforderungen und Kriterien sehr sorgfältig sowohl die Art des Ölausgleichssystems sowie deren praktische Ausführung auswählen. Unabhängig vom gewählten Ölausgleichssystem sind vor allem Kriterien wie die Ölrückführung und die Mischbarkeit des Kältemittels/Öles zu beachten, um ein ausreichendes Öl-niveau in den Verdichtern zu gewährleisten.

Die Anwendung von Scroll-Verdichtern in Verbundsätzen ohne aktive Ölregulierung ist in einer Anwendungsrichtlinie von Copeland beschrieben. Darin werden neben anderen wichtigen Hinweisen die folgenden Punkte beschrieben:

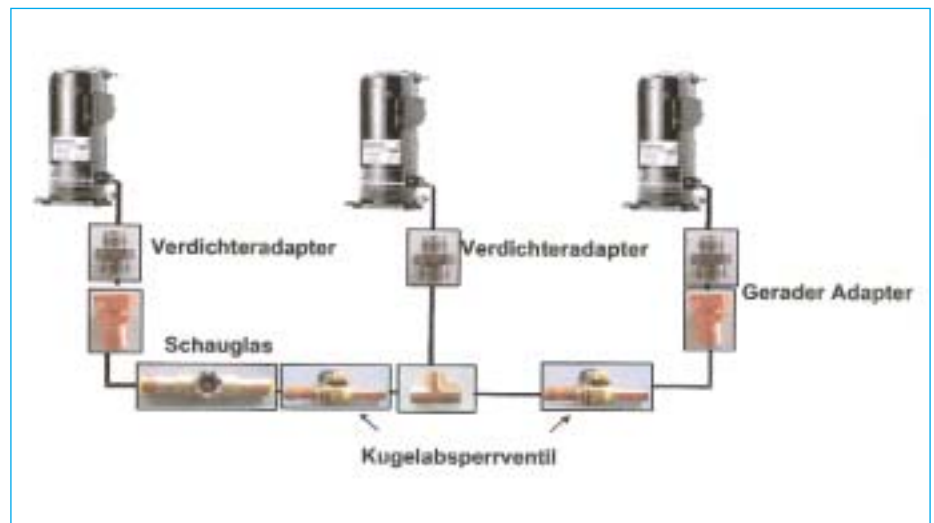


Bild 14 Ausführung der Ausgleichsleitung

- Dimensionierung der Ausgleichsleitung,
- Verlegung der Ausgleichsleitung,
- Anwendbarkeit auf Verbundanlagen:
 - bis zu drei Kälte-Scrollverdichter gleicher Baugröße,
 - mit und ohne Flüssigkeitseinspritzung
 - Baugröße von 2 PS bis 6 PS.
- Art der Ölrückführung über Sauggasleitung oder über Ölabscheider und Ausgleichsleitung.

Es ist jedoch offensichtlich, daß mit Laborversuchen die in der Realität auftretenden Bedingungen nur sehr unzureichend abgebildet und nachgestellt werden können. Aus diesem Grunde gibt Copeland diesen Einsatz seiner Kälteverdichter noch nicht generell frei, sondern drängt auf eine Mitarbeit seiner Anwendungstechnik bei der Planung und der Ausführung von Verbundanlagen mit

Scroll-Verdichtern ohne aktive Ölausgleichselemente. Nur durch vorsichtige Einführung in die Praxis und durch sorgfältige Beobachtung der im Praxiseinsatz gemachten Erfahrungen läßt sich eine großzügigere Verwendung in Zukunft erreichen.

Zusammenfassung

Anhand von Untersuchungen an einer Parallelinstallation von drei 6 PS Kälte-Scroll-Verdichtern wurde eine Ausführung einer Öl- und Gasausgleichsleitung gefunden, die es gestattet, diese Scroll-Verdichter ohne aktive Ölregulierung zu betreiben. Dieses Ergebnis läßt sich auch auf die kleineren Kälte-Scroll-Verdichter übertragen, so daß Kälte-Scroll-Verdichter im Leistungsbereich von 2 bis 6 PS nach diesen Prinzipien parallel betrieben werden können. Der Parallel-

betrieb von Kompressoren unterschiedlicher Baugröße ist noch nicht untersucht worden und dementsprechend werden hierzu noch keine Ausführungen gemacht. Das gleiche gilt für den Parallelbetrieb von 4 Kälte-Scrolls gleicher Baugröße. Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchungen ist, daß eine Öl- und Gasausgleichsleitung von ausreichendem Durchmesser verwendet werden muß.

Zur Anwendung der Parallelschaltung von Kälte-Scrolls gibt es eine spezielle Anwendungsrichtlinie, die den Kunden bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden kann. Um aber im praktischen Einsatz Erfahrungen zu sammeln, dringt Copeland darauf, daß bei der Planung und dem Bau von Verbundanlagen mit Scrolls ohne aktiven Ölausgleich die anwendungstechnische Abteilung von Copeland zu Rate gezogen wird und diese der Ausführung zustimmt. □