

# Ein verbessertes Zentrifugal-Schmiersystem für Kältemittelverdichter

Wolfgang Sandkötter, Sindelfingen

In der Vergangenheit wurden Kältemittelverdichter mit horizontal angeordneter Welle häufig mit Druckumlaufschmierung ausgeführt, insbesondere größere Verdichter ab einer Antriebsleistung von etwa 5 kW. Im folgenden wird ein weiterentwickeltes Zentrifugal-Schmiersystem vorgestellt, welches sich als außerordentlich leistungsfähig und vorteilhaft erwiesen hat.

## Grundlagen

Wie bei allen Kolbenmaschinen kommt dem „Maschinenelement Öl“ auch in Kälteverdichtern eine Fülle von Aufgaben zu, deren Gewichtung sich allerdings je nach Kältemittel verschieben kann:

- ☒ Schmieren: Kräfte übertragen, Oberflächen hinreichend trennen (Reibung minimieren)
- ☒ Kühlen: Bei HFKW-Kältemitteln weniger, bei  $\text{NH}_3$  und  $\text{CO}_2$  z.B. mehr
- ☒ Reinigen: Gleitflächen sauber halten, Abrieb unschädlich machen
- ☒ Dichten: Verringern von Leckageströmen im Verdichtungsraum
- ☒ Dämpfen: Geräuscentwicklung und -übertragung reduzieren

Bei allen berührungsbehafteten Verdichtungsverfahren bzw. Lagerungen kann man davon ausgehen, dass die Verwendung von Ölschmierung gegenüber Trockenlauf die

Lebensdauer einer Maschine mindestens verzehnfacht. Bei Kältemittelverdichtern kommt hinzu, dass das Fehlen von Sauerstoff im Kältekreislauf den Verschleiß und die Alterung der Verdichter signifikant verringert, bei qualifiziertem Einsatz können hochwertige Verdichter Lebensdauern von über 100 000 Betriebsstunden erreichen.

## Stand der Technik

In Bild 1 ist ein halbhermetischer Kältemittelverdichter der Octagon-Baureihe mit Druckumlaufschmierung dargestellt. Das Öl wird mittels Verdrängerpumpe (hier: Innenzahnradpumpe) aus dem Ölvorrat gefördert und in den Kreislauf gepumpt. Dabei werden über Bohrungen in der Kurbelwelle alle Lagerstellen erreicht. Die Schmierung der Gleitlager basiert auf dem Prinzip der Hydrodynamik. Dazu ist ja

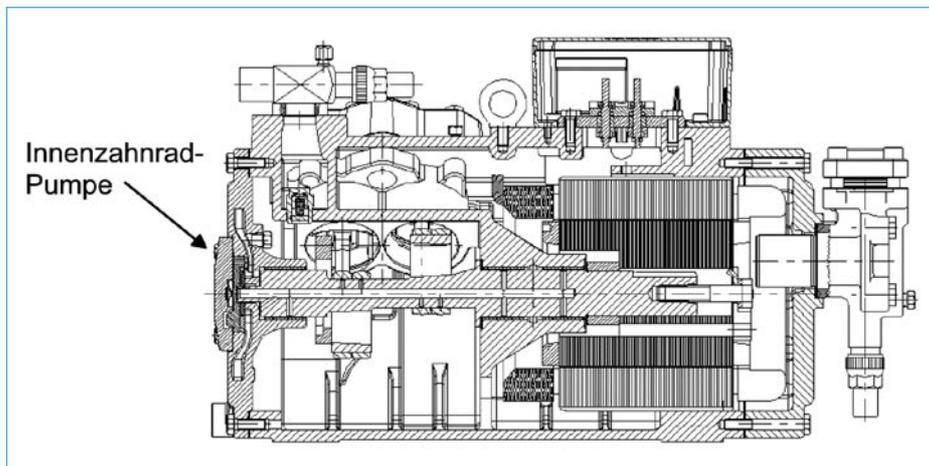


Bild 1 Octagon Verdichter 4NC-20.2 mit Druckumlaufschmierung

## zum Autor

Dipl.-Ing.  
Wolfgang  
Sandkötter,  
Director of  
Engineering,  
Bitzer  
Kühlmaschinen-  
bau mbH,  
Sindelfingen  
(Deutschland)



bekanntlich das Angebot von Öl am Lager eintritt ausreichend, der Druck im Lager wird über die Verlagerungsbahn und Relativgeschwindigkeit immer proportional zur Belastung aufgebaut. Er liegt dabei etwa 50- bis 150-fach höher als der Vor- druck einer üblichen Ölpumpe.

Dieses Prinzip der belastungsäquivalenten Tragfähigkeit finden wir in der Technik bei sehr zuverlässigen Konstruktionen häufig, so zum Beispiel auch bei der Dichtwirkung am Ventil eines Verbrennungsmotors, welches Druck-unterstützt geschlossen wird oder am Kolbenring eines Hubkolbens, der ebenfalls mit einer dem Betriebsdruck proportionalen Dichtkraft zur Anlage kommt.

Zurück zum Ölkreislauf: zur Vermeidung von zu hohen Förderdrücken ist die Pumpe hier mit einem Überströmventil ausgestattet; zur Überwachung des Kreislaufs kann ein Öl(differenz)druckschalter angebau werden. Übliche Förderdrücke liegen bei 2-4 bar. Der Öldruckschalter hat die Aufgabe, bei Öl-mangel eine zuverlässige Warnung/Abschaltung der Verdichter zu ermöglichen, bevor durch mechanischen Schaden z.B. ein Warenschaden in einem Tiefkühl-lager in Kauf genommen werden müsste. Zur Vermeidung häufiger Abschaltungen werden die Öldruckschalter mit einer Zeitverzögerung (üblich 90..120 s)

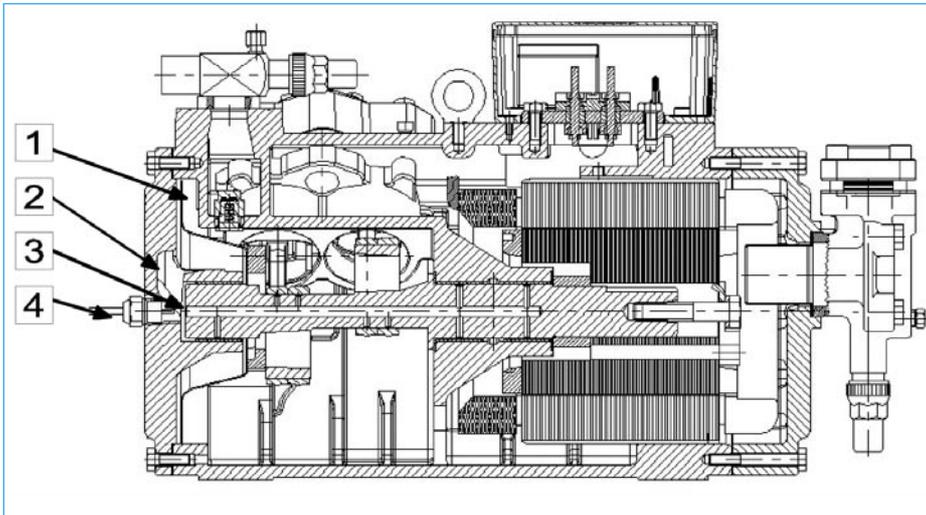


Bild 2 Octagon Verdichter 4NCS-20.2 mit Zentrifugalschmierung

versehen, da z. B. beim Start des Verdichters mit gelöstem Kältemittel im Öl die Pumpenförderung durch Dampfblasen im Ansaugkanal zeitweise zum Erliegen kommen kann. Dieses sehr zuverlässige Sys-

tem ist durch einen gewissen Aufwand gekennzeichnet, der schon früh dazu geführt hat, dass für sehr kleine Verdichter nach einfacheren Alternativen gesucht wurde.

### **Die weiterentwickelte Zentrifugalschmierung an Octagon-Verdichtern**

Es bestand also die Aufgabe, ein einfaches und gleichzeitig zuverlässiges System zu finden, welches die Anforderungen vollständig oder besser als beim oben beschriebenen System erfüllt, als da wären:

- ☒ Zuverlässige Versorgung aller Schmierstellen im Verdichter
- ☒ Schneller Aufbau der Ölversorgung beim Start des Verdichters
- ☒ Zuverlässiger Austrieb von gelöstem Kältemittel bei Phasenwechsel
- ☒ Stabile Funktion bei allen in Kältemaschinen üblichen Betriebsbedingungen
- ☒ Schaffung einer Überwachungsmöglichkeit für die Funktion des Ölkreislaufs

Die Lösung präsentiert sich in einem weiterentwickelten Zentrifugal-Schmier-system wie in Bild 2 dargestellt, das sich

von einer sonst üblichen Ausführung mit Ölschleuder deutlich unterscheidet. Das Öl wird mit einer Zentrifuge (1), die hier als speziell geformte Scheibe ausgeführt ist, aus dem Ölvorrat in eine Tasche (2) im Gehäusedeckel gefördert, wo sich das äußere Kurbelwellen-Hauptlager befindet. Die Welle enthält nun eine zentrale Eintrittsöffnung (3), durch die das Öl aus der Tasche angesaugt und zu den Schmierstellen gefördert wird. Als treibende Kraft wirkt hier die Zentrifugalkraft des Öls in der Welle, welches von der zentralen Bohrung an die radial weiter außen liegenden Schmierstellen gebracht wird. Diese smarte Ölförderung ist mit ihrem geringen, aber stetigen Förderdruck genau dem Bedarf der Gleitlager angepasst, die ihren Öldruck ja, wie oben beschrieben, unabhängig vom Förderdruck aufbauen. Als großer Vorteil dieses Systems gegenüber einer pumpengeschmierten Variante ist auch der geringere Seitenfluss aus den Lagern zu bemerken, der den Ölwurf der Verdichter spürbar verringert (Bild 3).

Ein wesentlicher Vorteil des neuen Systems gegenüber der bereits seit langem verwendeten Schleuderschmierung ist das hochdynamische Ansprechverhalten: nach dem Start wird der Ölfluss in Sekundenbruchteilen aufgebaut und zuverlässig über den gesamten Betriebsbereich aufrecht erhalten.

Als schwierigere Aufgabe entpuppte sich die Entwicklung einer geeigneten Überwachungsmöglichkeit des Ölkreislaufs: Hierzu wurde ein spezieller Ölkontrollsensor (4) entwickelt, der direkt in die Tasche (2) eingeschraubt werden kann. Kommt es zu einer signifikanten Unterbrechung des Ölflusses, führt dies zum Alarm bzw. zur Abschaltung des Verdichters. Als anspruchsvoll stellte sich heraus, diese Lösung im geforderten Temperaturbereich von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $100^{\circ}\text{C}$  gleichermaßen zuverlässig zur Funktion zu bringen. Mit dem Erreichen dieses Ziels ist auch die Überwachbarkeit der Verdichter mit pumpengeschmierten ebenbürtig. Die Überwachung dient dabei in erster Linie dem Risiko, dass

z. B. in Verbundanlagen mit weit verzweigtem Rohrnetz die Ölzirkulation durch abnormale Bedingungen gestört sein könnte und weniger einer möglichen Störung im Verdichter, der sich mit diesem genial einfachen System als noch zuverlässiger erweist.

### **Betriebserfahrungen**

Das neue System wurde im Jahre 1995 zunächst mit der kleinsten Octagon-Baureihe realisiert (ohne den Überwachungssensor) und dann stufenweise auf inzwischen 4 neue Baureihen halbhermetischer Verdichter ausgedehnt, die einen Leistungsbereich zwischen 0,5 und 20 kW (Antriebsleistung) abdecken. Die Betriebserfahrungen sind äußerst positiv. Allein in 2003 wurden über 50000 solcher Verdichter in den Markt gebracht. Ausfälle auf Grund des Schmiersystems wurden bisher nicht bekannt. Auch über große Drehzahlbereiche funktioniert dieses System hervorragend und zeichnet sich vor

allein durch weniger unnötige Ölförderung in den Verdichtern, z.B. bei hohen Drehzahlen aus. Ganz nebenbei ist auch der für den Ölkreislauf erforderliche Energieaufwand tendenziell geringer als bei pumpengeschmierten Verdichtern. Auch die Zuverlässigkeit kann durch den Entfall mechanischer Bauteile tendenziell höher eingeschätzt werden.

### Ein abschließendes Resümee

Basierend auf Erfahrungen mit kleineren Verdichtern wurde ein neues Zentrifugal-Schmiersystem entwickelt, welches auf Verdichter großer Leistungen und erweiterte Drehzahlbereiche übertragbar ist. Es zeichnet sich durch folgende Vorteile aus:

- Weniger mechanische Bauteile
- Geringere Ölfraten
- Kleinerer Energiebedarf
- Bessere Anpassung an variable Drehzahlen
- Schnelleres Ansprechverhalten bei Start mit Kältemittel im Öl

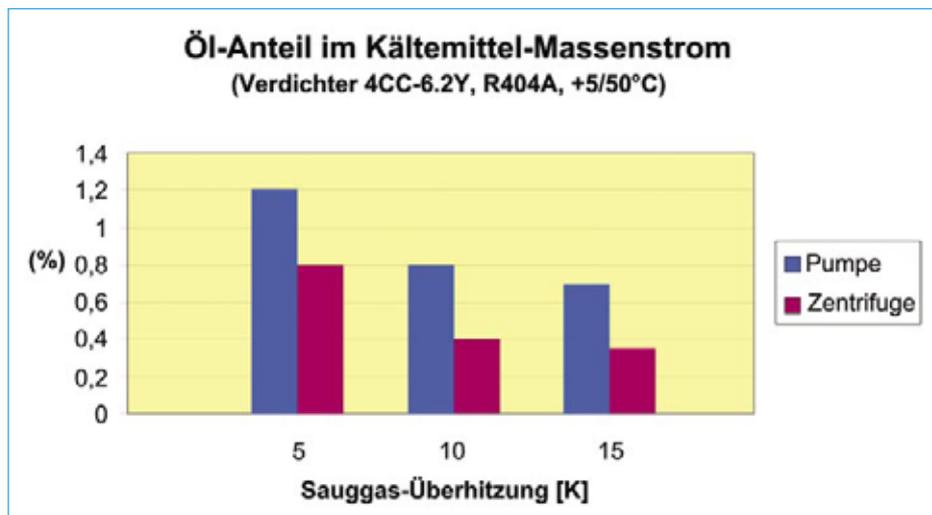


Bild 3 Ölwurf als Funktion des Ölkreislaufs bei ansonsten gleichen Verdichtern

Der einzige Nachteil war bisher das Fehlen einer direkten Überwachungsmöglichkeit des Ölkreislaufs im Verdichter, wichtig für größere Anlagen. Nachdem dies mit dem

Ölflusssensor nun überwunden ist, steht einer Verwendung in leistungsstärkeren Verdichtern eigentlich nichts mehr im Wege. ■