

Öllose Kolbenkompressoren für Druckluft und Gase

Unter dem Begriff „öllose Kompressoren“ versteht man Verdichter, die in der ganzen Anlage keinen Tropfen Öl verwenden, weder im Führungs- und Verdichtungsteil noch im Triebwerk. Die Schmierung erfolgt mit speziellen Materialien im Trockenlauf. Die Technik der öllosen und trockenlaufenden Kolbenkompressoren wurde bereits vor rund 35 Jahren von der schweizer Firma Fritz Haug AG entwickelt. Anfänglich war die Anwendung der Verdichtung von Luft auf 10 bis 40 bar vorbehalten. Durch Weiterentwicklungen in neue Materialien und in der Konstruktion besteht heute auch ein umfangreiches Sortiment an Kompressoren für die öllose und trockene Verdichtung von Gasen für den Nieder- und Hochdruckbereich.



Dipl.-Ing. Beat Frefel
Fritz Haug AG, St. Gallen/
Schweiz;
Tel. +41 71 313 99 55
E-Mail: beat.frefel@haug.ch



Bild 1: Schnitt durch einen öllosen Kolbenkompressor

Öllose Kompressoren – ohne einen Tropfen Öl verdichten

Neben den seit Jahrzehnten bekannten Kompressoren in Kreuzkopfbauweise haben sich im unteren Leistungsbereich bis 30 kW die Tauchkolbenkompressoren aufgrund ihrer einfachen und kompakten Bauart durchgesetzt. Beim Tauchkolbenkompressor wird der eigentliche Kompressionskolben direkt vom Pleuel angetrieben. Der Kreuzkopf mit der Schubstange sowie die Packungen zur Abdichtung der Schubstangen entfallen.

Um die im Kurbeltrieb auftretende Reibung zu minimieren, werden lebensdauererschmierte und verschlossene Wälzlager, ähnlich wie bei Elektromotoren, eingesetzt. Die Pleuellager sind auf dem Kurbelzapfen montiert und dadurch der Zentrifugalkraft ausgesetzt. Dank speziell entwickelter Lager mit einem paten-

tierten Pleuelsystem gelingt es, Standzeiten von 10.000 bis 20.000 Betriebsstunden ohne Wartung und Nachschmierung sicher zu erreichen. Durch die Verwendung hochfester Materialien und die Anwendung genauer Fertigungstoleranzen ist es möglich, trocken laufende Kompressoren herzustellen, die für den kontinuierlichen Betrieb, auch unter extremen klimatischen Verhältnissen, einsetzbar sind.

Tauchkolbenkompressoren sind universell für alle Betriebsarten einsetzbar, denn die öllosen Kompressoren müssen keine Schmierfilme aufbauen und können daher beliebig oft gestartet und gestoppt werden. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig in Anwendungen, wo die Kompressoren lange Stillstandszeiten aufweisen, zum Beispiel wenn die Kompressoren im Reservebetrieb oder im Notbetrieb eingesetzt sind (**Bilder 1 bis 5**).



Bild 2: Einbaufertige Kolben-Pleuel-Baugruppe mit speziellen Wälzlagern und einer großen Kolbenführung auf Teflonbasis. Aufgrund der Aluminium-Konstruktion und des kleinen Hubes entstehen nur sehr kleine Massenkräfte. Die Kompressoren laufen daher äußerst vibrationsarm. Ein Fundament ist nicht erforderlich.



Bild 3: Die rostfreien Zylinder-Laufflächen werden durch ein chemisches Verfahren beschichtet, auf Spezialmaschinen feinstgehont, thermisch vergütet und gehärtet.



Bild 4: Die 2-teiligen Kolbenringe bieten aufgrund ihrer Konstruktion Gewähr für eine gleichbleibend hohe Liefermenge, so dass der Verdichter-Wirkungsgrad über die ganze Einsatzdauer gleichbleibend hoch ist. Die Wahl des Kolbenringmaterials und der Kolbenring-Bauform erfolgt entsprechend dem Verdichtungsmedium und der Beanspruchung.

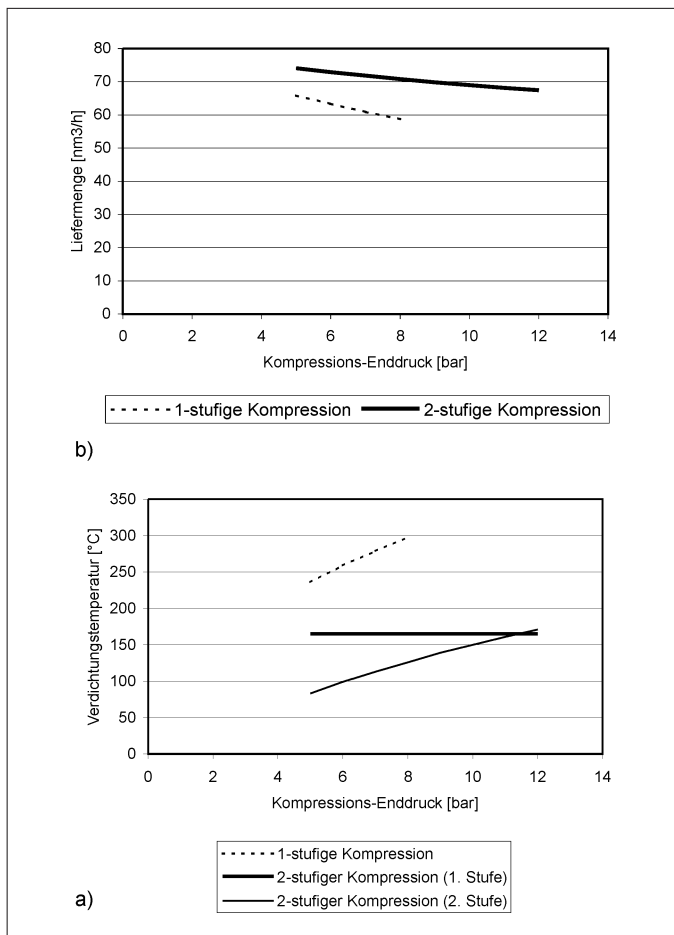


Bild 6: Vergleich der Verdichtungstemperatur (a) und des Liefergrades (b) bei 1-stufiger und 2-stufiger Kompression von Luft.

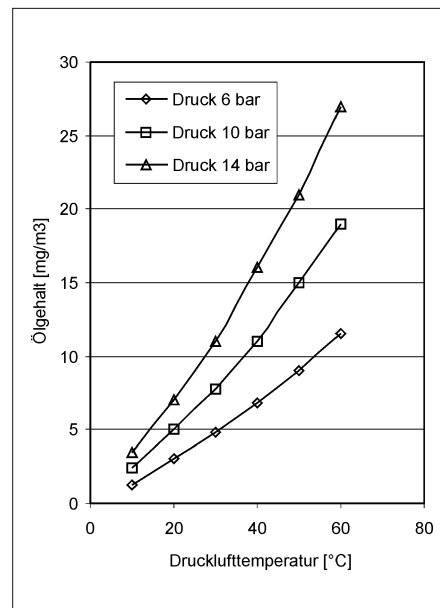


Bild 7: Dampfgehalt an Mineralöl gesättigt in Luft (Quelle: „Filtern und Trocknen“ von Werner Straus Zunker“)

Betriebskosten sparen

Die höheren Investitionskosten für einen öllosen Kompressor machen sich durch niedrigere Betriebskosten bezahlt. Die ölfreie Verdichtung bietet eine bessere Gasqualität, eine höhere Produktionssicherheit mit geringeren Aufbereitungs-, Entsorgungs- und Energiekosten. Denn



Bild 5: Kombiniertes Saug-/Druckventil aus rostfreiem Stahl. Aufgrund großer Strömungsquerschnitte ergeben sich sehr kleine Druckverluste. Die Ventile arbeiten reibungslos.

für ölverschmutztes Material wie Altöl, Filterelemente oder Kondensat fallen keine Entsorgungskosten an.

Mit ölfreien Kompressoren spart der Betreiber auch Energiekosten. Denn nach relativ kurzer Betriebszeit bauen die Filter hinter einem ölgeschmierten Kompressor einen hohen Druckwiderstand auf, da sich das Öl mit den Staubpartikeln verbindet und dadurch die Poren der Filterelemente verschließt. Es entstehen über die Filterelemente bereits zu Beginn Druckwiderstände von 1 bar und mehr, die mit der Verschmutzung der Filterelemente kontinuierlich ansteigen. Messungen zeigen, dass ein Druckverlust von 1 bar zu einem zusätzlichen Energiebedarf von 5 bis 10 Prozent führt.

Einstufige Kompression: schlechter Liefergrad und hohe Verdichtungstemperaturen bei hohen Enddrücken

Kleine Filterwiderstände sind besonders wichtig bei einer einstufigen Kompression mit einem größeren Druckverhältnis. Denn hohe Druckverhältnisse führen (abhängig vom Gas) zu sehr hohen Verdichtungstemperaturen auf über

300 °C und zu Rückströmverlusten. Dadurch kommt es zu einem Einbruch beim Liefergrad und zu einer reduzierten Lebensdauer der Verdichterstufe (**Bild 6**).

Öldämpfe sind ein Risiko

„Der einzige Weg das Risiko einer Verunreinigung des Systems durch Öle absolut sicher auszuschließen, ist auf Öl im Kompressor gänzlich zu verzichten.“

Aufgrund der geforderten Sicherheit vor einer Verunreinigung des Systems setzen sich öllose Kompressoren in allen Bereichen durch, wo eine absolute reine Luft- oder Gasqualität gefordert ist. Die Verunreinigung hinter öllosen Kompressoren ist um ein Vielfaches kleiner als hin-

Tab.1: Schwach oder kaum adsorbierbare Stoffe durch Aktivkohle (Quelle: Ultrafilter)

Aliphatische Kohlenwasserstoffe:
Butadien, Decan, Ethan, Ethen, Heptan, Hepten, Hexen, Methan (Erdgas), Nonan, Octan, Octen, Propan

Aldehyde und Ketone:
Acetaldehyd/Ethanal, Formaldehyd/Methanol

Halogene:
Bromwasserstoff, Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Freon

Stickstoffverbindungen:
Amine, Ammoniak

Schwefelverbindungen:
Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff

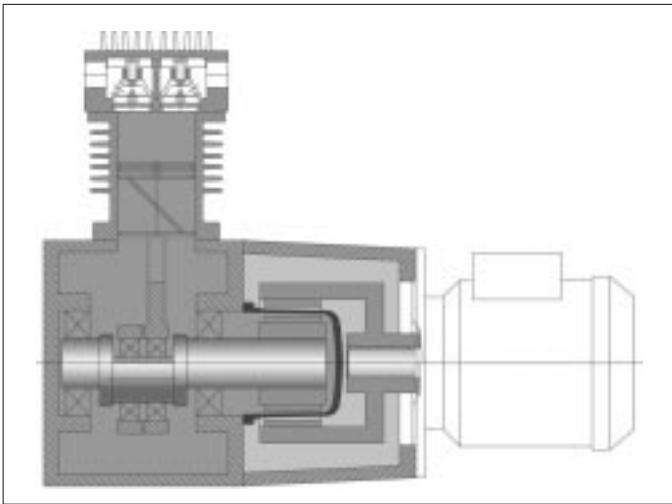


Bild 8: Dichtsystem mit Magnetkupplung: Bei dieser Bauart ist eine dauerhafte Gesamtleckrate kleiner als 0,001 mbar l/s im Betrieb und bei Stillstand garantiert. Der Betriebsdruck im Kurbelgehäuse ist auf 10 bar begrenzt.

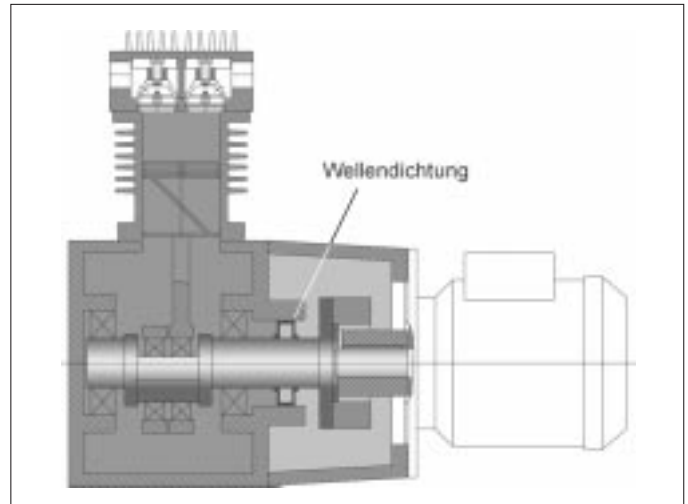


Bild 9: Dichtsystem mit Radial-Wellendichtung: Der Motor ist über eine Kupplung direkt mit der Kurbelwelle verbunden. Die Abdichtung erfolgt über eine trockenlaufende Radialwellendichtung. Diese Bauart hat im Neuzustand der Wellendichtung eine Gesamtleckrate von 0,01 mbar l/s. Der Betriebsdruck im Kurbelgehäuse ist auf 2,5 bar begrenzt.

ter ölgeschmierten Kompressoren. Somit müssen von den Filtern hinter einem öllösen Kompressor lediglich die angesaugten Verunreinigungen entfernt werden, die zum Beispiel im Vergleich bei Luft verschwindend klein sind.

Hinter einem ölgeschmierten Kompressor sind besonders die Öldämpfe problematisch, da sie sich sehr schlecht abscheiden lassen. Je nach Temperatur, Druck und Verteilung kann die Öldampfmenge beträchtlich sein (**Bild 7**). Aktivkohlefilter adsorbieren den Großteil der dampf- und gasförmigen Verunreinigungen, müssen aber auch einige Bestandteile passieren lassen (**Tabelle 1**).

Die Einsatzdauer eines Aktivkohlefilters ist schwierig vorauszusehen und die Wirksamkeit ist durch das Wartungspersonal schlecht kontrollierbar. Abhän-

gig von den Betriebsbedingungen müssen Aktivkohlefilter schon nach wenigen hundert Stunden ersetzt werden. In der Regel werden hinter ölgeschmierten Kompressoren die Aktivkohlefilter alle 300 bis 500 Betriebsstunden ausgetauscht.

In den meisten Prozessen der Verfahrenstechnik muss eine Verunreinigung sicher verhindert werden. Primär sind es Schmieröle, die innerhalb der Verdichteranlage zu Verträglichkeitsproblemen mit den Gasen und zu Risiken wie Explosionen und chemische Reaktionen führen. Unwirtschaftlich wird es, wenn hinter den Kompressoren das Öl wieder herausgefiltert werden muss. Aus diesen und weiteren Gründen hat sich die ölfreie Verdichtung in der Verfahrenstechnik durchgesetzt.

Öllos und absolut dicht: Gaskompressoren mit Magnetkupplungsantrieb

Die Haug-Gaskompressoren sind in der hermetisch dichten Ausführung mit einem Magnetkupplungsantrieb ausgerüstet (**Bild 8**). Dieses hermetisch dichte

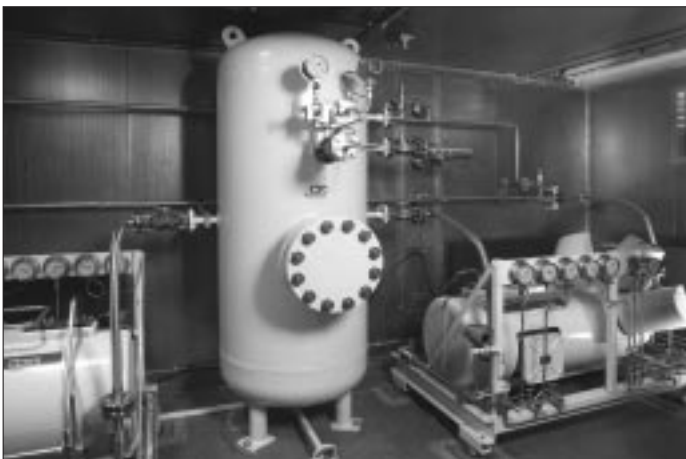


Bild 10: Rückgewinnungsanlage von Erdgas mit zwei öllösen Gaskompressoren; anschlussfertig eingebaut in einen Container



Bild 11: Kleiner öllöser Tauchkolbenkompressor für die Rückgewinnung von Gasen oder für die Nachverdichtung bei der On-Site Gaserzeugung von Stickstoff oder Sauerstoff

und wartungsfreie Antriebssystem ist eine Haug-Eigenentwicklung, erstmals eingesetzt in Kolbenkompressoren und in punkto Gasdichtheit vergleichbar mit Membrankompressoren – jedoch mit niedrigeren Investitions- und Betriebskosten. Dichtsysteme mit Radialwellendichtungen (**Bild 9**) zeigen vergleichsweise höhere Leckraten.

Gasleckagen der Verdichteranlage: 5 Gramm Helium pro Jahr

Die Leckrate des gesamten Verdichtungssystem ist kleiner als 0.001 mbar l/s. Im Fall von Helium bei 3 bar Druck entspricht diese Leckrate einem Gasverlust von lediglich 5 Gramm Helium pro Jahr. Damit kann eine Verschmutzung der Umwelt durch Gase sicher über die ganze Betriebsdauer ausgeschlossen werden.

Die Kraftübertragung vom Antriebsmotor zur Kurbelwelle geschieht berührungslos über eine Permanent-Magnetkupplung. Der äußere Magnetring ist mit dem Elektromotor verbunden und liegt außerhalb des Gasraumes. Der innere Magnetring läuft im Gasraum. Dazwischen ist ein Spalttopf platziert, der die beiden Räume statisch trennt.

Aufgrund der klaren, räumlichen Trennung des Motors vom Gasraum können explosionsgeschützte Kompressoren in allen Varianten einfach realisiert werden, wobei Standard-Ex-Motoren verwendet werden.

Vorteile der öllosen Verdichter

Aufgrund der geringen Kolbenhöhe, bei einer mittleren Kolbengeschwindigkeit von weniger als 3 m/s, können die Kompressoren mit vergleichsweise ho-

hen Drehzahlen betrieben werden. Daraus ergeben sich einige wesentliche Vorteile:

- ▷ Durch den Einsatz mehrerer kleiner Zylinder sind die Kompressoren klein und leicht.
- ▷ Die Kompressoren lassen sich sehr gut auswuchten und können dadurch ohne Fundament aufgestellt werden.
- ▷ Schwingungen, die oftmals ganze Gebäude erschüttert haben, sind dadurch ausgeschlossen.
- ▷ Durch die kleinen Fördervolumen der einzelnen Zylinder reduzieren sich die Pulsationen auf der Saug- und Druckseite erheblich und liegen in der Regel unterhalb 1 %.
- ▷ Der Lärmpegel liegt bereits ohne zusätzliche Maßnahmen bei lediglich 70 bis 82 dB.
- ▷ Der Unterhalt ist dank der kleinen und leichten Bauteile einfach und günstig selbst durch eigenes Personal durchzuführen.
- ▷ Dank des berührungslosen und wartungsfreien Dichtsystems fallen die im Unterhalt teuren Stangenpackungen weg und der Kompressor ist über die ganze Lebensdauer hermetisch dicht.

Anwendungsbeispiele

Die Beispiele, in denen öllose Kolbenkompressoren erfolgreich eingesetzt werden sind zahlreich (**Bilder 10 und 11**). Im Bereich der Luftverdichtung sind es:

- ▷ Druckluftversorgung im Krankenhaus
- ▷ Atemluftversorgung
- ▷ Luftüberlagerung in Wasserwerken
- ▷ PET-Flaschenproduktion
- ▷ Verpackung von Lebensmittel
- ▷ Steuerluft in Industrieanlagen
- ▷ Elektronik-Fertigung

Im Bereich der Gasverdichtung helfen öllose Kompressoren Betriebskosten zu sparen und die Umwelt zu schützen. Denn technische Gase werden heute in vielen Bereichen der Industrie, der Medizin und in der Verfahrenstechnik erfolgreich eingesetzt. Durch den Einsatz der Gase lassen sich die Produktivität und die Qualität der Prozesse steigern.

Gase wie Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff lassen sich am Ort des Verbrauches erzeugen und ein Kompressor fördert diese Gase auf das geforderte Druckniveau. Diese Form der On-Site-Gaserzeugung ist für den unteren Liefermengenbereich von 10 bis 500 m³/h interessant, für den sich öllose Kompressoren als Nachverdichter sehr gut eignen.

Überall wo Gase eingesetzt werden, gibt es Abgase und Leckagen. Öllose Kolbenkompressoren sind prädestiniert kleinere Mengen an Leckagegas zu sammeln, zu verdichten und wieder in den Prozess zurückzuführen. Dass sich das nicht nur für die Umwelt lohnt, zeigen zahlreiche Beispiele in der Praxis. Oft amortisieren sich diese Rückgewinnungsanlagen aufgrund der Gaseinsparungen in sehr kurzer Zeit.

Beispiele von Gasrückgewinnungen sind:

- ▷ Erdgas in einem Speicherkraftwerk
- ▷ Helium in der Leckage- und Druckprüftechnik
- ▷ Xenon in der Medizin
- ▷ VOC aus Prozessen
- ▷ Stickstoff in der Vulkanisierung
- ▷ Chlor- und Fluorverbindungen in der Hochspannungs- und Kältetechnik
- ▷ Kohlendioxid in der Extraktion