

Kreuzkopfschaden als Folge fehlender Lastumkehr in der Kolbenstange

# Wieder zu spät?

Mit Zustandsüberwachung Schäden an Kolbenkompressoren frühzeitig erkennen

Kolbenkompressoren fallen in den seltensten Fällen einfach von heute auf morgen aus. Weiß man die Zeichen zu verstehen, kann der Anlagenbetreiber reagieren – und zwar lange bevor die Anlage still zu stehen droht. Doch welches sind die Parameter, die sich als Messgröße für die Zustandsüberwachung eignen?

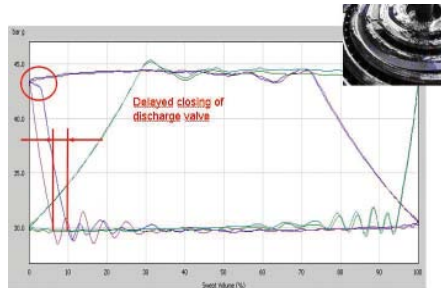
Ob Labortechnik, Elektronik oder Lebensmittelindustrie: Kolbenkompressoren spielen in zahlreichen Produktionsanlagen eine wichtige Rolle. Ungeplante Ausfälle führen zu Produktionsstopps und damit zu Umsatzeinbußen. So weit muss es gar nicht kommen, schon ein ineffizienter Betriebszustand beeinträchtigt die Wirtschaftlichkeit der Produktion. Nur, welcher Parameter muss überwacht werden, will der Anlagenbetreiber stets über den Zustand seiner Kolbenkompressoren informiert sein? Wichtigster Parameter ist hier der Druck des Prozessgases in den Verdichtungsräumen. So lässt die Analyse des Gasdrucks über eine komplette Umdrehung nicht nur Rückschlüsse auf die Performance der Maschine zu, sie kann auch zur Überwachung von sicherheitsrelevanten Faktoren herangezogen werden.

## Beschädigung eines Ventils

Abbildung 1 zeigt die Gegenüberstellung der Gasdrücke in den Verdichtungsräumen eines doppelwirkenden Zylinders im Gut- und Fehlerzustand. Dabei ist der Gasdruck über eine komplette Umdrehung für die beiden Verdichtungsräume – der Kurbel- und Deckelseite des Kolbens – dargestellt. Die langsamere Verdichtung auf der Deckelseite zeigt die Leckage eines Kompressor-Ventils an, welche durch Beschädigung eines Dichtelements im Ventil entstanden ist. Während des Kompressionstaktes strömt Prozessgas über das defekte Dichtelement zurück in die Ansaugleitung, folglich wird der Druckaufbau während der Kompression verzögert. Auch während der Expansionsphase verliert der Zylinder Gas durch interne Leckage. Daher wird die Expansion beschleunigt, was in der Abbildung zu erkennen



**Abb. 1: Leckage am Kompressorventil – Vergleich Gut- und Fehlerzustand**



**Abb. 2: Ölkleben verursacht Fördermengenverluste und Standzeiteinbußen**

ist. Diese Leckagen führen zu einer Minderung der Fördermenge des Kompressors und damit zu Produktionsverlusten, wenn sie nicht rechtzeitig erkannt und behoben werden.

### Öklebe-Effekt reduziert Lebensdauer

Auch die übermäßige Schmierung des Verdichters reduziert die Lebensdauer der Kompressor-Ventile. Schuld sind Öklebe-Effekten. Die Übersmierung führt nämlich zu einem Spätschluss des Ventils, wodurch sich die dynamische Belastung der Dichtelemente drastisch erhöht. Darüber hinaus führt ein zu spätes Schließen zu Fördermengenverlusten, da das Gas, solange das Ventil nicht geschlossen ist, in die Saugleitung bzw. Verdichtungsraum zurückströmen kann. Eine nicht-detektierte Übersmierung erhöht die Wartungskosten der Maschine daher um ein Vielfaches und reduziert die Verfügbarkeit.

### Belastung der Kolbenstange

Ein wichtiger Parameter für den sicheren Betrieb eines Kolbenkompressors ist die Kraftumkehr in der Kolbenstange, welche bei doppeltwirkenden Zylindern den Kolben mit dem Kreuzkopf verbindet. Ein Verlust der Kraftum-

kehr würde dazu führen, dass die Schmierung des Kreuzkopfes nicht mehr gewährleistet ist. Darüber hinaus ist die Belastung der Kolbenstange speziell bei mehrstufigen Kompressoren zu überwachen. Denn ein durch Überbeanspruchung hervorgerufener Bruch der Kolbenstange kann zu verheerenden Folgeschäden führen.

Die Kolbenstangenkraft setzt sich aus Gas- und Massenkräften zusammen. Wichtiger Bestandteil für die Berechnung der Kolbenstangenkraft und der Lastumkehr sind die hochfrequenten Messungen des Gasdrucks in den Verdichtungsräumen. Für die Messung der Gasdrücke müssen daher robuste Sensoren eingesetzt werden, die die gesamte Dynamik des hochfrequenten Druckverlaufes in den Zylindern auch aufnehmen können. Aus diesem Grund setzt Hoerbiger bei seinem Monitoring-System RecipCom ausschließlich auf Drucksensoren des Typs IS-21-F von Wika. Denn allein durch die Überwachung des Zylinderdruckes können mehr als 70 Prozent aller möglichen Ausfallursachen entdeckt werden. Das modulare System erlaubt aber auch die Integration anderer Messgrößen wie die Vibrations- und die Positionsmessung.

### Kraftumkehr der Kolbenstange

Die Kolbenstangenkraft soll in allen Betriebsfällen und in dem komplett unbelasteten Betriebszustand mittels einer Kurbelwellenumdrehung komplett umkehren. Wenn nicht anders spezifiziert, soll die Dauer dieser Kraftumkehr nicht geringer als 15° Kurbelwinkel und die Höhe der Kolbenstangenkraft-Umkehr mindestens drei Prozent der aktuell entgegengesetzten Gesamt-Kolbenstangenkraft sein. Diese Kraftumkehr ist notwendig, um eine gute Schmierung zwischen dem Kreuzkopfbolzen und der Buchse zu erreichen.

Hierbei gilt: Je genauer und schneller der eingesetzte Drucksensor einen aktuellen Messwert des Zylinderdruckes liefert, desto besser werden die dynamische Vorgänge im Zylinder erfasst und aufgezeichnet. Geeignete industrielle Drucksensoren bieten Genauigkeiten von 0,25 Prozent der Spanne und Einstellzeiten (10 bis 90 Prozent der Spanne) von einer Millisekunde. Damit werden auch kurzfristig auftretende Flüssigkeitsschläge oder andersartige Druckerhöhungen aufgezeichnet, die in die Zustandsbewertung einfließen können.

### Autoren

Klaus Stachel, Global Product Management Monitoring & Controls, Compressor Solutions, Hoerbiger Ventilwerke GmbH & Co. KG

Stefan Heusel, Produktmanager, Geschäftsbereich Elektronische Druckmesstechnik, Wika Alexander Wiegand SE & Co. KG

### KONTAKT

Wika Alexander Wiegand SE & Co. KG,  
Klingenberg  
Tel.: +49 9372 132 0 · www.wika.de