

Ertüchtigung einer Kolbenverdichteranlage

In einem Erdgasspeicher in Osteuropa sind in den 70er und 80er Jahren insgesamt fünf Kolbenverdichter installiert worden. Die Maschinen verdichten Erdgas in zwei Stufen von 17 bar auf maximal 140 bar bei einer festen Verdichterdrehzahl von 370 1/min. Zur Steigerung des Wirkungsgrades bei Teillastbetrieb wurde an den Zylindern der 1. Verdichterstufe eine Saugventilregelung nachgerüstet. Seit dieser Zeit werden vom Betriebspersonal deutlich erhöhte Schwingungen beobachtet. Es wurde befürchtet, dass dies zu Schäden an den Verdichtern führen könnte. Daher wurde im Rahmen einer messtechnischen Untersuchung die aktuelle Situation und der tatsächliche Grund dieser neu aufgetretenen Schwingungen ermittelt und beurteilt.

Da das Betriebspersonal ausschließlich von einer Verschlechterung der Schwingungssituation an den Zylindern der ersten Verdichterstufe sprach, wurden insbesondere an den Rohrleitungen und Zylindern dieser Stufe Druck- und Schwingungssensoren installiert. Mit Hilfe dieser Sensoren war es möglich, sowohl die Druckpulsationen in den Rohrleitungen und Zylindern als auch die Schwingungen zeitgleich bei den unterschiedlichen Betriebszuständen zu erfassen. Der Saugdruck der Verdichter wurde während der Messungen ebenso variiert wie der Volumenstrom, so dass ein möglichst vollständiger Überblick über die Schwingungssituation gewonnen wurde.

Die Messergebnisse zeigten, dass offensichtlich die Schwingungssituation an den Zylindern sowohl vom Ansaugdruck als auch vom Volumenstrom beeinflusst wird. So wurden z. B. bei einem Ansaugdruck von 26 bar und 32% Last Schwingungsgeschwindigkeiten von 15 mm/s RMS gemessen, während bei gleichem Ansaugdruck und geringfügig größerer Belastung von 38% nur 7 mm/s RMS protokolliert wurden.

Bei der Saugventilregelung wird das Saugventil des Zylinders mit Hilfe eines Aktuators so lange offen gehalten, bis genau noch die Menge Gas im Zylinder ist, die auch komprimiert werden soll (siehe Abb. 2). Im Vergleich zu einer Volumenstromregelung, z. B. durch eine Bypassregelung, hat dieses Verfahren den Vorteil, dass nur das Gas verdichtet wird, welches auch tatsächlich gefördert werden soll, so dass unter energetischen Gesichtspunkten deutliche Vorteile im Teillastbetrieb vorhanden sind. Da mit dieser Methode der zeitliche Druckverlauf im Zylinder beeinflusst wird, ändern sich die Amplituden der Druckpulsationen in dem angeschlossenen Rohrleitungssystem. Dieses kann dazu führen, dass in Abhängigkeit vom Volumenstrom deutlich unterschiedliche Schwingungen an Rohrleitungssystemen und Verdichter gefunden werden.

In dem hier beschriebenen Fall war durch die Volumenstromregelung in bestimmten Lastbereichen eine Vergrößerung der Schwingungen am Zylinder im Frequenzbereich von 180 Hz bis 190 Hz bewirkt worden. Die zeitgleich gemessenen Druckpulsationen zeigen keine markant erhöhten Amplituden in diesem Frequenzbereich, so dass in diesem Fall eine Strukturresonanz am Zylinder bei ca. 180 Hz bis 190 Hz zu diesen erhöhten Schwingungen führte.

Auch an den anderen Zylindern waren im Wesentlichen Strukturresonanzen für die Schwingungsüberhöhung verantwortlich, allerdings lagen die dominanten Frequenzen hier in einem deutlich niedrigeren und damit für die Strukturbelastung gefährlicheren Bereich. Da der Verstärkungsmechanismus noch während der Messung erkannt wurde, konnte mit einem Provisorium zur Fixierung der Druckrohrleitung am Zylinder, bereits die Auswirkung einer Verschiebung der Struktureigenfrequenz auf die Schwingungssituation am Zylinder gezeigt werden (Abb. 3).

MASCHINENDYNAMIK

Als Maßnahme zur Verbesserung der Schwingungssituation wurde daher die Verschiebung der Struktureigenfrequenzen der Zylinder vorgeschlagen. Da darüber hinaus in dem Anlagenpiping Rohrleitungsabschnitte mit deutlich überhöhten Schwinggeschwindigkeiten gefunden wurden, wurden zusätzlich Maßnahmen zur Verringerung der Druckpulsationen in den Rohrleitungen empfohlen.

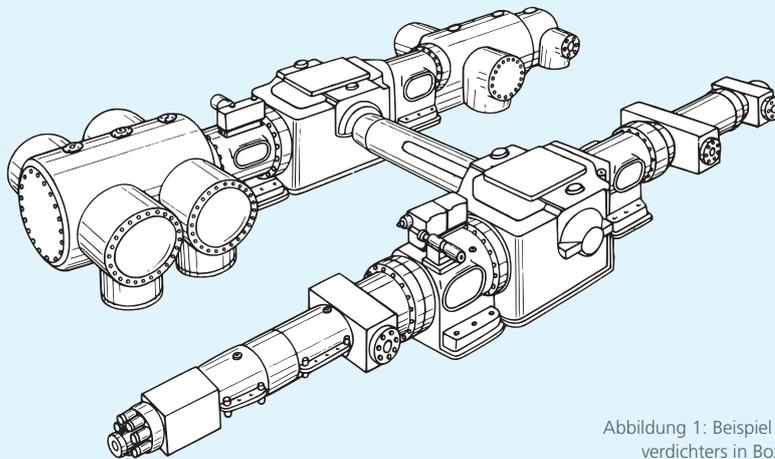


Abbildung 1: Beispiel eines Kolbenverdichters in Boxeranordnung

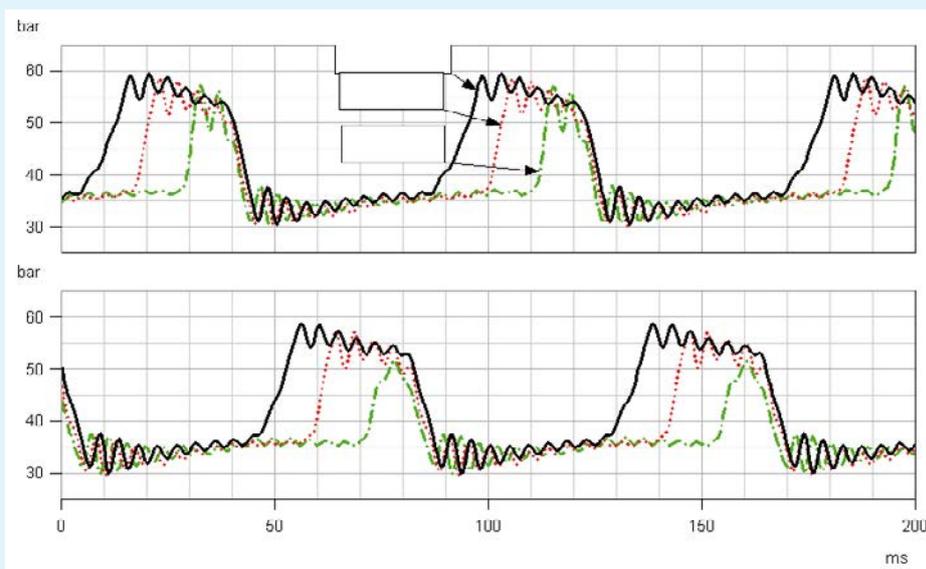


Abbildung 2: Indizierdruckverlauf im deckseitigen (oberes Diagramm) und kurbelseitigen (unteres Diagramm) Zylinder bei unterschiedlichem Volumenstrom (Last).

MASCHINENDYNAMIK

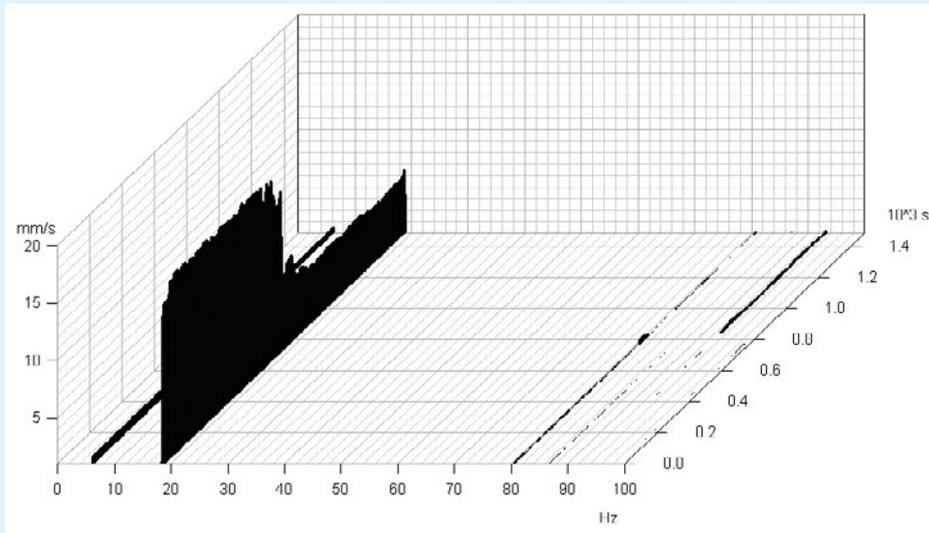


Abbildung 3: FFT-Analysen der Schwinggeschwindigkeiten am Zylinder 5
(ab ca. $t = 850$ s ist die Druckrohrleitung vor Ort zusätzlich gehaltert worden.)



Kontakt:

Dipl.-Ing. Robert Missal
Telefon: +49 5971 9710-25
r.missal@koetter-consulting.com