Rohrleitungsschwingungen am Kolbenverdichter überprüft

Die messtechnische Überprüfung der Rohrleitungsschwingungen ist ein fester Bestandteil bei der Inbetriebnahme von Kolbenverdichteranlagen. Eine erneute Überprüfung erfolgt meist erst, wenn eine Änderung der Betriebsbedingungen (Drehzahl, Druck, Menge, Temperatur etc.) ansteht, da sich dies auf das Schwingungsniveau der Gesamtanlage auswirken kann. Darüber hinaus sollte beachtet werden, dass sich auch laufzeitbedingt Rohrleitungshalter und Schraubverbindungen lockern können und es dadurch zu einer Änderung des Schwingungsverhaltens kommen kann. So auch im folgenden Projektbeispiel:

In einer Industrieanlage in Süddeutschland sollten zwei ca. 40 Jahre alte Kolbenverdichter durch baugleiche Verdichter ausgetauscht werden. Die im Parallelbetrieb arbeitenden Kolbenverdichter sind 4-zylindrig und 2-stufig mit jeweils zwei doppeltwirkenden Kolben in jeder Stufe ausgeführt.

Im Zuge der geplanten Sanierungsmaßnahme sollte u. a. die aktuelle Schwingungssituation messtechnisch überprüft werden. Bei einer Detektion erhöhter Schwingungen wären entsprechende Minderungsmaßnahmen auszuarbeiten, um die Schwingungssituation zu verbessern.

Messablauf

Die Schwinggeschwindigkeiten wurden zeitsynchron an ausgewählten Punkten der verdichternahen Rohrleitungen, an den gemeinsamen Sammelleitungen sowie den Wärmetauschern und Abscheidern erfasst. Ebenfalls wurden die Verdichter- und Fundamentschwingungen gemessen. Die Leistung der einzelnen Verdichter wurde während der Messung über ein Bypass-Ventil geregelt.

Alle Messsignale wurden mit einer Mehrkanal-Messdatenerfassung aufgezeichnet. Zudem erfolgte eine Online-Berechnung der erforderlichen Effektiv- und Maximalwerte sowie der FFT-Spektren. Dadurch war es möglich, den Einfluss der Betriebsbedingungen auf die Schwingungssituation direkt zu beobachten.

Messergebnisse

Die Überprüfung ergab, dass das gemessene Schwingungsniveau an der Gesamtanlage überwiegend im zulässigen Bereich lag. Bei bestimmten Betriebsbedingungen traten aber erhöhte Schwinggeschwindigkeiten an der saugseitigen Sammelleitung der 1. Stufe mit einer Frequenz von f = 8,8 Hz auf. Bei der doppeltwirkenden Arbeitsweise des Verdichters entspricht die ermittelte Frequenz der 2. Harmonischen der Verdichterdrehzahl von n = 264 min^{-1}.

Ein Vergleich mit den Orientierungswerten für Rohrleitungsschwingungen gemäß der VDI 3842 zeigte, dass die Schwinggeschwindigkeiten an dieser Position unzulässig erhöht waren (Abb. 1).

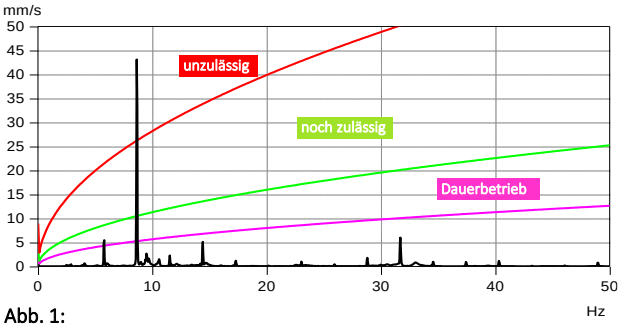

Abb. 1:
Vergleich des Amplitudenspektrums der Schwinggeschwindigkeit an der saugseitigen Sammelleitung mit den Orientierungswerten der VDI 3842

FEM-Berechnungen

Aufgrund der permanenten Biegebelastung der Sammelleitung waren zur Einschätzung der Gefährdungssituation zusätzlich die an der Sammelleitung auftretenden dynamischen Materialspannungen der Rohrleitungswandung zu prüfen. In einem vereinfachten FEM-Modell wurde die maximal gemessene Durchbiegung der saugseitigen Sammelleitung abgebildet und die daraus resultierende Materialspannung berechnet (Abb. 2).

Die maximale Durchbiegung der Sammelleitung, die für diese Berechnung zugrunde gelegt wurde, betrug 1,7 mm (Spitze-Spitze-Wert). Der sich bei dieser Auslenkung ergebende Spitze-Spitze-Wert der Materialspannung von $\sigma_{s\text{-}s}$ = 34,1 N/mm² lag oberhalb des für eine Dauerbelastung der Sammelleitung angesetzten Richtwertes nach API Standard. Es war somit nicht auszuschließen, dass durch den Betrieb der Anlage Schäden an der Rohrleitung auftreten.

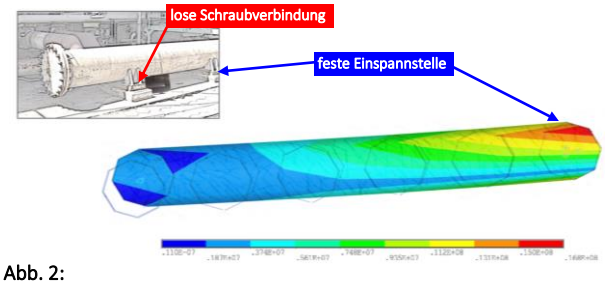

Abb. 2:
Vereinfachtes FEM-Modell der Sammelleitung mit ermittelter Vergleichsspannung an der Rohrwandung bei vorgegebener Durchbiegung

IBW Ingenieurbüro Waning
Schall- und Schwingungstechnik

Reiningstraße 21
48653 Coesfeld

Telefon: +49 2541 9281-900
Fax: +49 2541 9281-909

E-Mail: info@ibwaning.de
Internet: www.ibwaning.de

Ursache für die Schwingungserhöhung war, dass sich über die lange Laufzeit und permanente Kraftanregung des Verdichters an einer Position die Schraubverbindungen zwischen der Sammelleitung und dem Fundament gelockert hatten. Als Erstmaßnahme wurde die Halterung der Sammelleitung konstruktiv optimiert.

Da Druckpulsationen bei Kolbenverdichteranlagen oft die Ursache von erhöhten Rohrleitungsschwingungen sind, wurde eine Überprüfung des Druckpulsationsniveaus in diesem Rohrleitungsabschnitt empfohlen, damit es auch nach dem Tausch der Verdichter nicht zu erhöhten Rohrleitungsschwingungen kommt. In diesem Fall wäre der Einbau druckpulsationsmindernder Maßnahmen im verdichternahen Rohrleitungssystem sinnvoll.

Fazit

Das Projektbeispiel zeigt, dass sich die Schwingungssituation an einer Anlage aufgrund äußerer Einflüsse stark verändern kann (wie in diesem Fall durch eine gelockerte Rohrleitungshalterung). Daher sollte die Überprüfung der Schwingungssituation nicht nur bei Änderungen der Betriebsbedingungen, sondern in regelmäßigen Zeitabständen erfolgen. Dies führt zu einer weiteren Erhöhung der Anlagensicherheit.

Oft werden bei auftretenden Schwingungsproblemen an Maschinen und Anlagen nur die Symptome gemindert, nicht aber die Ursache detektiert. So kann es schnell zu Schäden, Ausfallzeiten und hohen Kosten kommen. Durch eine rechtzeitige umfassende messtechnische Ursachenermittlung können vorhandene Schwachstellen aufgezeigt und wirkungsvolle Minderungsmaßnahmen ausgearbeitet werden.

Nicht immer ist die Ursache erhöhter Schwingungen auf einfachem Weg zu detektieren. Daher helfen wir Ihnen dabei, Ihr Schwingungsproblem in den Griff zu bekommen.
Kontaktieren Sie uns:

IBW Schall- und Schwingungstechnik

IBW Ingenieurbüro Waning
Schall- und Schwingungstechnik
Reiningstraße 21
48653 Coesfeld

Tel.: 02541 9281-900
Fax: 02541 9281-909
E-Mail: info@ibwaning.de
Internet: www.ibwaning.de

Messung, Berechnung, Beurteilung und Minderung von Schall und Schwingungen

Maschinendynamik
Maschinendiagnose
Rohrleitungsschwingungen
Druckpulsation
Eigenfrequenz- und Eigenformanalyse
Dynamische und statische Lasten
Torsionsschwingungs- und Drehmomentmessung

Technische Akustik
Konstruktionsakustik
Lärmminderung
Schallmessungen
Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz
Schalldämpferauslegung
Raumakustik

Erschütterungsschutz
Erschütterungsmessung
Erschütterungsprognose
Schwingungsschutz und Fundamentauslegung