

Rohrleitungsschwingungen in einer Erdgasübernahmestation

Aufgrund auffälliger Schwingungen nach Inbetriebnahme einer neuen Rohrleitungsstrecke in einer Mess- und Regelanlage wurde eine umfassende messtechnische Untersuchung durchgeführt. Hierbei erfolgte die Erfassung der Druckpulsationen im Gasstrom zusammen mit den Rohrleitungsschwingungen während verschiedener Betriebsbedingungen. Im Rahmen der anschließenden Analyse wurden das aktuelle Gefährdungspotential abgeschätzt, die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufgedeckt und Maßnahmen zur Verbesserung der bemängelten Situation ausgearbeitet.

Die untersuchte Mess- und Regelanlage, bestehend aus zwei Messstrecken und zwei Regelstrecken, wurde um eine neue Regelstrecke erweitert. In den Regelstrecken befinden sich Wärmetauscher, die das transportierte Erdgas vor der Druckreduzierung aufheizen. Beim Einzelbetrieb der neuen Regelstrecke mit geringer Last traten im Bereich der Betriebs- und Reserveschiene zeitweise markante Schwingungen auf. Unklar war, welcher physikalische Mechanismus hierfür verantwortlich ist und ob die Anlage aus schwingungstechnischer Sicht ohne Einschränkung betrieben werden konnte.

Messkonzept

Zur Ursachenanalyse sollten die Rohrleitungsschwingungen und Druckpulsationen messtechnisch und zeitsynchron bei unterschiedlichen Betriebszuständen erfasst werden. Zudem war zu prüfen, ob durch die Schwingungen an den Turbinenradzählern Schäden auftreten können und ob die Turbinenradzähler durch vorhandene Pulsationen fehlerhafte Werte anzeigen. Die gemessenen Druckschwankungen und Strukturschwingungen waren hinsichtlich einer Anlagengefährdung zu analysieren und zu bewerten. Zudem sollten Minderungsmaßnahmen zur Schwingungsreduzierung aufgezeigt werden, damit aus schwingungstechnischer Sicht ein sicherer und zuverlässiger Betrieb der Station für den gesamten Arbeitsbereich gewährleistet werden kann.



Abb. 1:
Mess- und Regelanlage (Beispielfoto)

Messergebnisse

Zur Erfassung der Situation wurde das Rohrleitungssystem mit statischen und dynamischen Drucksensoren bestückt. Zudem wurden Schwinggeschwindigkeitssensoren am gesamten Rohrleitungssystem befestigt. Alle Messsignale wurden zusammen mit den Signalen der Gasmenge und Gastemperaturen mit einem Mehrkanal-Messsystem erfasst. Im Messzeitraum wurden die möglichen Gasmengen und Gastemperaturen verändert.

Die Gasmengenänderung führte maßgeblich bei der Durchströmung der neuen Regelstrecke zu einer zeitgleichen Erhöhung der Rohrleitungsschwingungen und Druckpulsationen. Als maximale Schwinggeschwindigkeit wurden Effektivwerte von 20,4 mm/s bei Gasmengen im Bereich von ca. 7.200 Nm³/h gemessen. Die Schwingungen und Druckpulsationen traten mit einer Frequenz von 10,2 Hz auf.

Durch die testweise Absperrung nicht durchströmter Rohrleitungsabschnitte wurde Einfluss auf die Rohrleitungslänge und somit auch auf die Akustik im Rohrleitungssystem genommen. Bei gleichbleibender Gasmenge hatte dies einen deutlichen Einfluss auf die Druckpulsationen und Schwingungen, was auf das Vorhandensein einer akustischen Resonanz (stehende Welle) hindeutete.

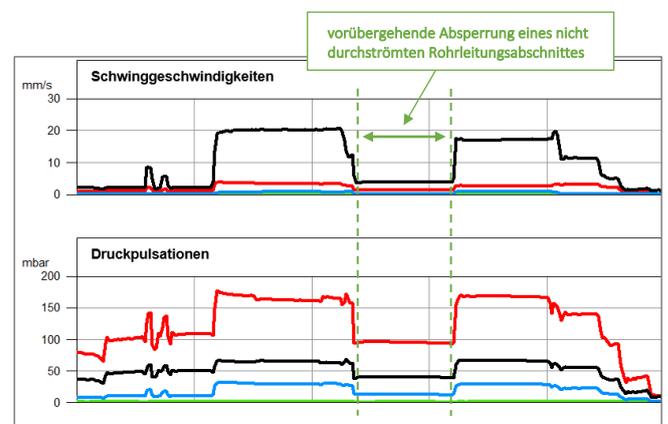


Abb. 2:
Effektivwertverlauf der maximal gemessenen Schwinggeschwindigkeiten und Druckpulsationen bei kurzzeitiger Änderung der akustischen Rohrleitungslänge (Gasmenge konstant)

Bei einer Schallgeschwindigkeit von 430 m/s für Erdgas ergibt sich für die gemessene Frequenz von $f = 10,2$ Hz eine akustische Wellenlänge von ca. $\lambda \sim 42$ m. Durch die Reflexionsstellen im untersuchten Rohrleitungsabschnitt stellt sich als erste Grundfrequenz eine $\lambda/2$ -Resonanz ein. Die mit dieser akustischen Resonanz verbundenen Druck- und Volumenschwankungen führen an Rohrleitungsbögen und Querschnittsänderungen zu Wechsellasten, die als Schwingungsanregung auf die Rohrleitungsstruktur wirken.

Beurteilung

Gemäß VDI Richtlinie 3842 liegen die höchsten gemessenen Rohrleitungsschwingungen im Bereich „noch zulässig“ (siehe Abb. 3). Die zulässige Schwinggeschwindigkeit am Turbinenradzähler von $v < 1$ mm/s wird hingegen deutlich überschritten. Maßnahmen zur Schwingungsreduzierung und Minderung der Druckpulsationen sollten daher umgesetzt werden.

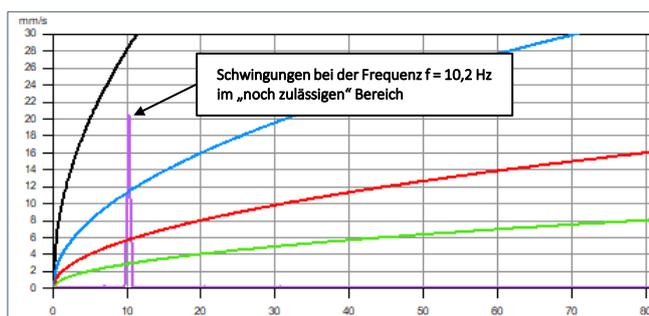


Abb. 3: Vergleich der maximal erfassten Schwinggeschwindigkeit mit den Orientierungswerten für Rohrleitungsschwingungen gemäß VDI 3842

Minderungsmaßnahmen

Zur Verbesserung der Schwingungs- und Pulsationssituation wurden verschiedene Varianten vorgeschlagen. Ziel hierbei war es, die Wirkung der akustischen Resonanz deutlich zu mindern ohne den Druckverlust innerhalb der Rohrleitung zu erhöhen.

Nach konstruktiver Umsetzung der favorisierten Maßnahme konnten die Orientierungswerte der VDI-Richtlinie 3842 für Rohrleitungsschwingungen am gesamten untersuchten Rohrleitungssystem deutlich eingehalten werden. Zudem wurde der für Gaszähler empfohlene Schwingwert unterschritten.

Fazit

Wie dieses Beispiel zeigt, kann durch eine umfassende messtechnische Ursachenermittlung der exakte Nachweis der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufgezeigt und so wirkungsvolle Minderungsmaßnahmen ausgearbeitet werden. Nach der fachlich korrekten Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen bestanden aus schwingungstechnischer Sicht keine Bedenken mehr gegen einen Dauerbetrieb der Anlage.

Gerne entwickeln wir mit Ihnen Lösungsansätze auch für Schwingungsprobleme Ihrer Maschinen und Anlagen. Wir begleiten Sie dabei bis ans Ziel.

Weitere Informationen zu diesen Themen finden Sie auf unserer Homepage.



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