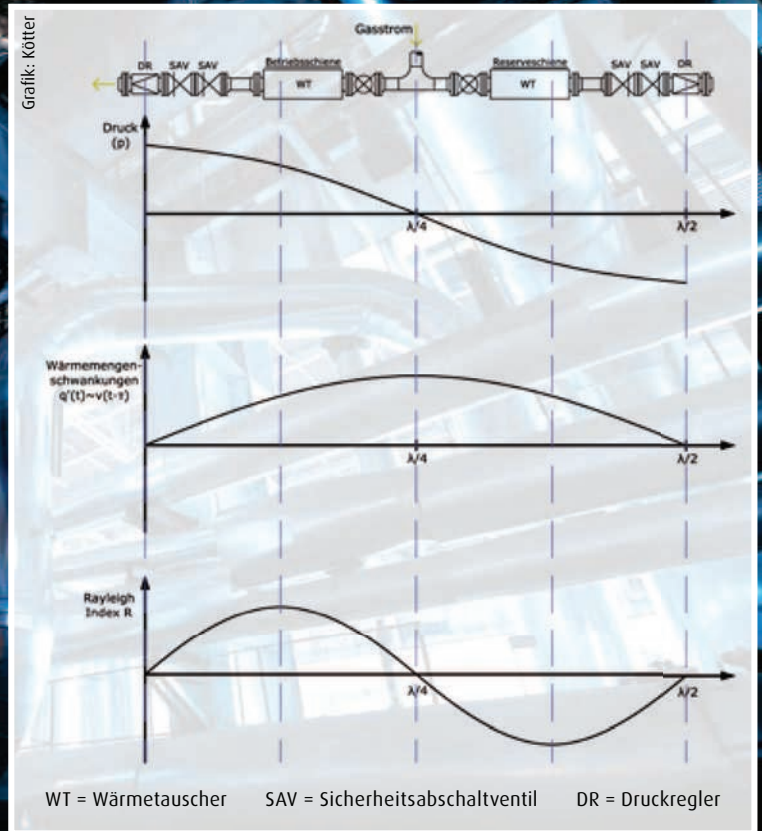


Den Puls der Anlage messen

Druckpulsationen durch thermoakustische Instabilitäten an Wärmetauschern verhindern

Bild: © Andrei Merkulov - Fotolia.com



Eine Wärmeübertragung kann durch einen phasenverschobenen Energie-Eintrag zu Druckpulsationen in gasfördernden Rohrleitungen führen. Für den Fall, dass die Rohrleitungsstruktur ähnliche strukturelle Resonanzfrequenzen wie die sich aufbauende akustische Resonanz besitzt, treten oft erhöhte Anlagenschwingungen auf. Aus einer Untersuchung lassen sich Maßnahmen ableiten, um diese Gefährdung zu vermeiden oder zu reduzieren.

DR.-ING. JOHANN LENZ

● Schwingungen an gasführenden Rohrleitungen lassen sich häufig von außen optisch oder auch akustisch erkennen. Zu einer Gefährdung hinsichtlich der Anlagensicherheit kommt es in der Regel jedoch erst dann, wenn die Frequenz der Gassäulenschwingung und der strukturellen Rohrleitungseigenresonanz übereinstimmen.

Der Autor ist Geschäftsführer von Kötter Consulting Engineers.
Kontakt: Tel. +49-5971-97100

Das Phänomen bezüglich der Ausprägung akustischer Resonanzen ist bereits bekannt. Unklar war bis dato, warum in Abhängigkeit von der Gaserwärmung durch den Wärmetauscher erhöhte Druckpulsationen angeregt werden. Dies konnte jetzt auf eine thermoakustische Instabilität zurückgeführt werden. Dabei tritt durch die lokale Wärmezufuhr im Wärmetauscher eine Druckschwankung auf. Die Reflexion dieser Druck-

Qualitative Darstellung der akustischen Druckschwankung p , der Wärmemengenschwankung q' in Abhängigkeit der Position der Wärmequelle und der Rayleigh-Index R für die Bedingung in einer Druckregelstation.

wellen im angeschlossenen Rohrleitungssystem, z.B. am Druckregler, kann zu Ausprägung einer akustischen Resonanz führen. Um diese Phänomene bzw. deren Folgen zu vermeiden, lassen sich Maßnahmen wie zusätzliche Rohrleitungsabstützungen oder Pulsations-Dämpferplatten einsetzen.

Akustische Wellen werden in Rohrleitungen beispielsweise an Einbauten oder Querschnittsprüngen reflektiert. Es können sich durch ungünstige Überlagerung von einfallenden und reflektierten Wellen akustische Resonanzen ausbilden. Die mit der akustischen Resonanz verbundenen Druck- und Volumenstromschwankungen führen an Rohrleitungsbögen und Querschnittsänderungen zu Wechsellasten, die als Schwingungs-

Digital • Den Artikel und Kontaktdaten finden Sie auch unter dem Stichwort „Thermoakustisch“ auf process.de.

Events • Erfahren Sie mehr über das ganze Spektrum der Schall-, Schwingungs- und Strömungstechnik unter www.koetter-consulting.com. Informationen zu Seminaren der KCE-Akademie finden Sie auch unter www.kce-akademie.de.

anregung auf die Rohrleitungsstruktur wirken. Der sich einstellende Verlauf der Druck- und Geschwindigkeitsschwankung ist dabei abhängig von der geometrischen Rohrleitungslänge zwischen den Reflexionsstellen sowie den akustischen Randbedingungen.

Rohrleitungsschwingungen auf den Grund gehen

In einer Gasdruckregelstation führte Kötter Consulting Engineers wegen auffälliger Rohrleitungsschwingungen eine messtechnische Untersuchung durch. Dabei wurde deutlich, dass die Rohrleitungsschwingungen mit den Druckpulsationen korrelieren. Die gemessene dominante Schwingungsfrequenz beträgt 18 Hz. Die zeitgleich an verschiedenen Orten erfassten Druckschwankungen verlaufen genau gegenphasig. Die mit dieser akustischen Resonanz verbundenen Druck- und Volumenstromschwankungen führen an Rohrleitungsbögen und Querschnittsänderungen zu Wechsellasten, die als Schwingungsanregung auf die Rohrleitungsstruktur wirken. Mit steigender Vorlauftemperatur des Wärmetauschers – bei ansonsten unveränderten Anlagenbedingungen – werden die Druckschwankungen und damit auch die Rohrleitungsschwingungen stärker. Darüber hinaus zeigt sich, dass für den Rohrleitungsabschnitt im Bereich der Druckmesspunkte

bei 19 Hz eine benachbarte strukturmechanische Eigenfrequenz liegt. Dadurch werden die bei 18 Hz durch die akustische Resonanz angeregten Rohrleitungsschwingungen entsprechend weiter verstärkt.

Schwingungsanregung durch Wärmetauscher

Aus der Energietechnik ist bekannt, dass Verbrennungsvorgänge auf unterschiedliche Weise mit akustischen Phänomenen in Wechselwirkung treten. Bei solchen Verbrennungsschwingungen kann es zur Rückkopplung zwischen Wärmeübertragung und Systemakustik kommen. Als hinreichendes Kriterium für das Auftreten einer thermoakustischen Instabilität gilt die Kopplung zwischen der instationären Wärmemengenschwankung und der akustischen Druckschwankung. Den Zusammenhang beschreibt das Rayleigh-Integral oder der Rayleigh-Index R . Dabei ist die Wärmemengenschwankung q' proportional der akustischen Geschwindigkeitsschwankung v mit einem Phasenverzug. Je nach Vorzeichen des Rayleigh-Index kommt es zu einer Anfachung oder zu einer Dämpfung der Gassäulenschwingung und damit der akustischen Resonanz.

Übertragen auf eine Gasdruckregelstation in der Praxis bestätigt sich, dass der Ort der möglichen Anfachung einer thermoakusti-

schen Instabilität und die tatsächliche Einbauposition des Wärmetauschers durchaus übereinstimmen können. In der untersuchten Anlage war diese geometrische Übereinstimmung gegeben.

Mögliche Minderungsmaßnahmen

Prinzipiell bestehen verschiedene Möglichkeiten, das Auftreten von thermoakustischen Instabilitäten zu reduzieren oder zu vermeiden. Bei Neuanlagen kann durch gezielte Positionierung der Wärmetauscher im Rahmen einer Pulsationsstudie unter Berücksichtigung des jetzigen Kenntnisstandes das Anfachen selbsterregter Schwingungen direkt unterbunden werden. Alternativ können Positionen zum gezielten Einsatz von Dämpfungsgliedern im Gasstrom – z.B. Pulsations-Dämpferplatten – berechnet und für den praktischen Einsatz ausgelegt werden.

Bei bestehenden Anlagen wird empfohlen, dort, wo im Laufe eines Jahres sehr unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich des Volumenstromes und Differenzdruckes vorherrschen, eine theoretische Überprüfung möglicher Anfachungsmöglichkeiten von thermoakustischen Instabilitäten durchführen zu lassen. Werden bei dieser Pulsationsstudie mögliche Anzeichen für das Auftreten von selbsterregten Schwingungen festgestellt, sollte eine messtechnische Erfassung der Akustik und der Strukturdynamik für ausgesuchte Betriebspunkte durchgeführt werden. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse können dann strukturmechanische Maßnahmen wie zusätzliche Rohrleitungsabstützungen oder akustische Maßnahmen wie Pulsations-Dämpferplatten eingesetzt werden. ●



Trelleborg Fluid Handling Solutions Chemie Pharma

Trelleborg - Marktführer im Bereich technischer Kautschukprodukte
 ► Schläuche und Schlauchleitungen für alle Anwendungen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie
 Trelleborg bietet ein normenkonformes und speziell auf Ihren Bedarf abgestimmtes Programm an Dampfschläuchen, Mineralöl- und Benzinschläuchen, Saug- und Druckschläuchen, Betankungsschläuchen, Schläuchen für die Chemie- und Petrochemie, Materialfördererschläuchen und Folienwickelschläuchen.
 ► **Kontakt:** Trelleborg Industrial Products Germany GmbH, Kléberstr. 2, D-40822 Mettmann
 Christine Jahn - Tel. 02104-217-220 - Fax 02104-217-296 - E-Mail: christine.jahn@trelleborg.com
 Birgit Mausolf - Tel. 02104-217-231 - Fax 02104-217-296 - E-Mail: birgit.mausolf@trelleborg.com

