

Erhöhter Lärm durch Regelarmaturen?

Einbauten innerhalb der Rohrleitung müssen möglichst strömungsgünstig ausgeführt werden

Lärm durch Regelarmaturen? Zur Vermeidung verlangen Einbauten von Armaturen in Gasregel- und Messstationen vom Planer gründliche Überlegungen und eine sorgfältige Prüfung der nötigen Komponenten. Es kann zu massiven Lärmproblemen, sowohl durch Schallabstrahlung wie auch durch Geräuschentwicklungen in der Armatur selber, kommen. Erhebliche Störungen also, die eine Inbetriebnahme der Anlage langfristig verzögern können oder zu massiven Beschwerden der Anwohner über Richtwertüberschreitungen bei den Lärmmissionen führen. Grundsätzliche Überlegungen sind also im Vorfeld wichtig und die Auswahlkriterien der Armaturen sind nachhaltig in ihrer Wirkung nicht zu unterschätzen.



Dipl.-Ing. Robert Missal, Fachbereichsleiter „Technische Akustik“ für Maschinen + Anlagen

Robert Missal Gasregel- und Messstationen werden meist außerhalb von Wohnbebauung errichtet, so dass die Einhaltung der Richtwerte für die Lärmmissionen in der Nachbarschaft nach der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) oftmals kein großes Problem darstellt. Wenn aber die Bebauungssituation noch offen ist und eine Wohnbebauung langfristig geplant wird, kann die Genehmigungsbehörde fordern, dass die Lärmmissionen an der Grundstücksgrenze unterhalb des Richtwertes von 45 dB(A) bleiben.

Die Planer müssen aus diesen Gründen generelle Überlegungen anstellen. Grundsätzlich wichtig ist dabei die Beachtung der von einer Armatur abgestrahlten Schalleistung, die in erster Linie abhängig ist vom Differenzdruck und dem Massenstrom. Da diese beiden Parameter bei der Planung der Station in

der Regel bekannt sind, kann in einem relativ frühen Planungsstadium die Schalleistung der dominierenden Lärmquellen berechnet werden. Hierzu liefert die VDMA-Richtlinie 24422 oder die VDI-Richtlinie 3738 die Berechnungsgrundlagen, wobei neben den Daten des Mediums auf der Einlaß- und Auslaßseite auch die Kenndaten der Regelarmatur in die Berechnung einfließen. Stehen die Kenndaten der vorgesehenen Armatur nicht zur Verfügung, können die erforderlichen Daten beim Hersteller der Armatur angefragt werden. In der Regel erhält der Planer vom Armaturenhersteller, den in der Rohrleitung „stromab“ der Armatur erwarteten Schalleistungspegel und den Schalldruckpegel, der in einem Abstand von einem Meter „stromab“ der Armatur und 1 Meter seitlich von der Rohrleitung gemessen werden kann. Dieser Schalldruck-

pegel ist der sogenannte Schalldruckpegel unter Freifeldbedingungen nach der DIN 45635.

Die Angaben der Armaturen verschiedener Fabrikate zeigen allerdings in der Berechnung, und zwar bei gleichen Betriebsbedingungen, unterschiedliche Schalleistungspegel bzw. Schalldruckpegel. Durch die Auswahl eines geeigneten Fabrikats kann also bereits in der Planungsphase die Lärmsituation auf einer Station erheblich beeinflusst werden.

Schallabstrahlung der Rohrleitung

Die Erfahrung zeigt, dass die Angabe des Schalleistungspegels in der Rohrleitung „stromab“ der Armatur oft unterschätzt wird. Zwar ist die Schalldämmung einer Rohrleitung nicht unerheblich, aber aufgrund der Länge der (oberirdisch verlegten) Rohrleitung und der ge-

ringen Pegelabnahme (bei einer Rohrleitung ohne Einbauten) ist der von der Rohrleitung abgestrahlte Schalleistungspegel in vielen Fällen deutlich höher als der von der Armatur abgestrahlte Schalleistungspegel.

Selbst bei großer Schalldämmung der Rohrleitungswandung ist deren abgestrahlte Schalleistung, aufgrund der Länge der oberirdischen Verlegung der Rohrleitung, deutlich höher als die Schalleistung der Armatur. Eine Kapselung oder eine Installation der Armatur innerhalb eines Gebäudes ist daher eine ungeeignete Maßnahme zur Verringerung der Lärmmissionen in der Nachbarschaft. Viel effektiver ist die Verringerung der Schallabstrahlung der Rohrleitung durch beispielsweise die Installation einer Rohrleitungsisolierung oder eines Rohrleitungsschalldämpfers unmittelbar hinter der Armatur.

In der Abbildung 1 ist zu erkennen, dass die Abmessungen eines derartigen Absorptionsschalldämpfers nicht unerheblich sind und die Kosten einer derartigen Minderungsmaßnahme (Herstellung und Wartung) nicht unterschätzt werden dürfen. Auch die Kosten einer Sanierungsmaßnahme in Form einer Rohrleitungsisolierung (siehe Abb. 2) sind je nach Verlauf und Verzweigung der Rohrleitung nicht gering.

Wesentlich effektiver und in der Regel auch kostengünstiger ist daher die Minderung unmittelbar an der Quelle, das heißt: Auswahl einer lärmarmen Armatur.

Lärmarme Armaturen

Die Lärmentstehung bei überkritischer Drosselung – im engsten Querschnitt der Armatur strömt das Medium mit Schallgeschwindigkeit – ist auf das Zusammenbrechen von Schockwellen und die turbulente Vermischung der Strömung an den Grenzflächen zum Strömungskanal zurückzuführen. Das Grundprinzip einer lärmarmen Armatur besteht deshalb darin, dass der Druckabbau mehrstufig erfolgt und somit die maximale Geschwindigkeit am Austritt der Druckreduzierung begrenzt wird. Zusätzlich wird bei Verwendung von Lochplatten oder Sieben das Wirbelvolumen verkleinert, indem der Strahlquerschnitt auf viele Einzelstrahlen aufgeteilt wird. Wie effektiv diese Maßnahme sein kann, zeigt das folgende Beispiel:

Wie in der Abbildung 3 zu erkennen ist, konnte der Schalldruckpegel bei gleichem Differenzdruck durch den Einsatz des Schalldämpfers aus Sinterbronze um über 25 dB gemindert werden. In diesem Beispiel wurde die Zeit zum Entspannen des Behälters trotz Einsatzes des Schalldämpfers und Vereisung der kleinen Kanäle innerhalb der Sinterbronze (bei $t = 48$ bis 85 Sekunden) nur unwesentlich verlängert. Dieser Effekt wird von vielen Armaturenherstellern genutzt, indem unmittelbar

nach der Armatur z.B. Lochscheiben eingesetzt werden.

Einzelöne

Neben den breitbandigen Geräuschen, welche durch Druckreduzierung mit hohen Verwirbelungen erzeugt werden, treten an verschiedenen Armaturen auch immer wieder Einzelöne auf. Diese Einzelöne führen neben einer erhöhten subjektiven Geräuschempfindung auch zu einer erhöhten Lärmmission, da das Auftreten derartiger Einzelöne nach der TA-Lärm bzw. DIN 45681 mit einem Einzeltonzuschlag von bis zu 6 dB „bestraft“ wird. Ursache derartiger Einzelöne können z.B. schadhafte Bauteile innerhalb einer Armatur oder überblasene Hohlräume innerhalb der Rohrleitung bzw. der Armatur sein. Nachfolgend werden einige typische Beispiele für derartige Einzelöne vorgestellt.

Beispiel einer Einzeltonproblematik am Kühler eines Turboverdichters

In einem Erdgasspeicher sind zwei Turboverdichter installiert worden. Nach der Inbetriebnahme wurde insbesondere beim Betrieb des zweiten Verdichters die Lärmsituation in der Nachbarschaft bemängelt (siehe Abb. 4). Von Seiten des Planers wurde vermutet, dass der Abstand zwischen dem Laufrad des Turboverdichters und dem nachgeschalteten Diffusor zu gering war und dadurch eine Druckschwankung innerhalb der Rohrleitung erzeugt wurde, die zu den beobachteten Einzelönen im Luftschall führte. Modifikationen am Diffusor zeigten jedoch in bezug auf die Intensität des Einzeltons keine deutliche Verbesserung der Situation. Kötter Consulting Engineers (KCE) wurde daher eingeschaltet, um die Ursachen zu untersuchen und Lärminderungsmaßnahmen auszuarbeiten.

Messungen innerhalb der Rohrleitung hinter dem Turboverdichter ergaben, dass die Intensität der Druckpulsationen bei den Einzeltonfrequenzen unmittelbar am

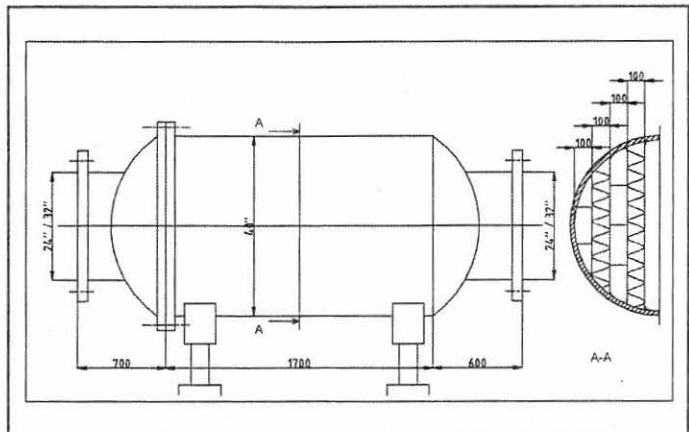


Abb. 1: Rohrleitungsschalldämpfer

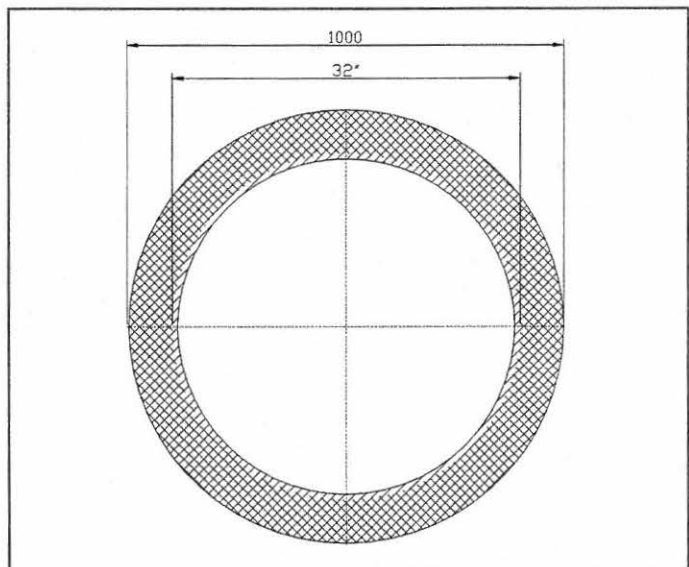


Abb. 2: Rohrleitungsisolierung: Aufbau der Isolierung: Mineralwolle 100 mm, Stahlblech 1 mm entdröhnt

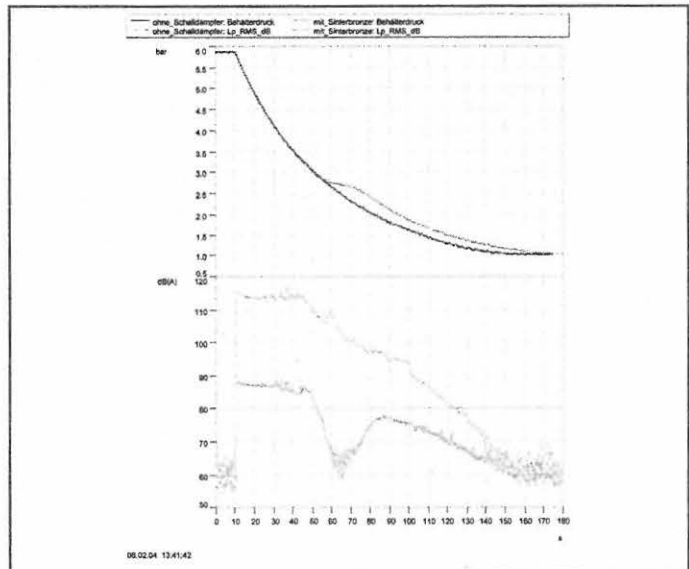


Abb. 3: Zeitverlauf des Behälterinnendruckes und des Schalldruckpegels in 1 m Abstand beim Abblasen eines Behälters mit 0,5 m³ Volumen mit und ohne Schalldämpfer aus Sinterbronze

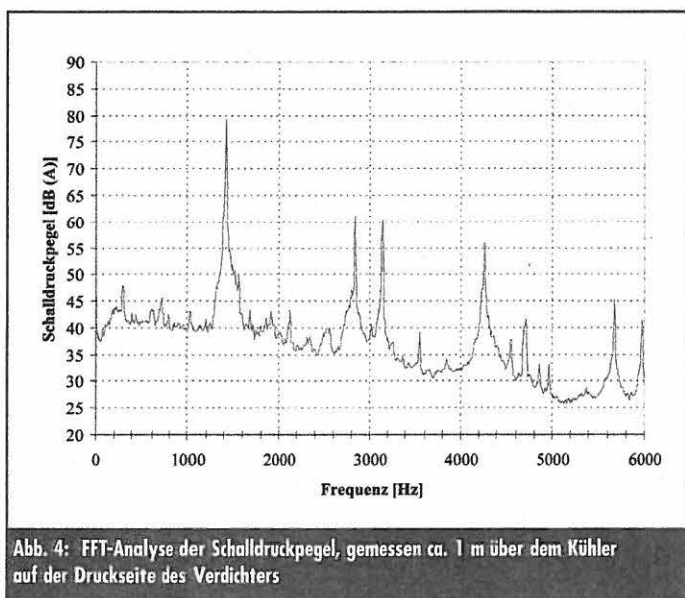


Abb. 4: FFT-Analyse der Schalldruckpegel, gemessen ca. 1 m über dem Kühler auf der Druckseite des Verdichters

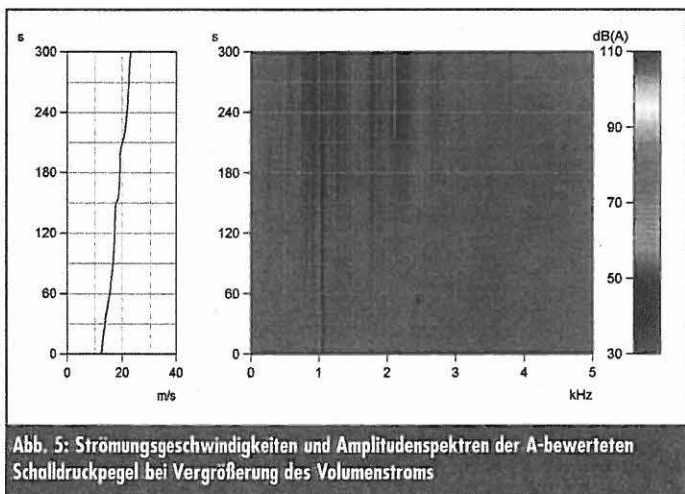


Abb. 5: Strömungsgeschwindigkeiten und Amplitudenspektren der A-bewerteten Schalldruckpegel bei Vergrößerung des Volumenstroms

Austritt aus dem Verdichter geringer war als am Kühler. Daraufhin wurden auch in dem Rohrleitungsstück hinter dem Kühler Messensoren eingebaut. Die durchgeführten Messungen zeigen hinter dem Kühler deutlich höhere Intensitäten als vor dem Kühler, so dass der Verdichter als Verursacher dieser Einzeltöne ausgeschlossen werden konnte. Durch weitere Messungen im Nahfeld der Rohrleitung konnte eine Rückschlagklappe als Ort mit den höchsten Intensitäten lokalisiert werden, so dass eine Inspektion dieser Klappe vorgeschlagen wurde. Bei der daraufhin durchgeführten Kontrolle wurde festgestellt, dass eine Führung innerhalb der Rückschlagklappe ausgeschlagen war. Nach der Repara-

tur der Rückschlagklappe war der bemängelte Einzelton in der Anlage verschwunden.

Durch die Instandsetzung der Armatur konnten die Schalldruckpegel bei den Frequenzen der bemängelten Einzeltöne so weit reduziert werden, dass die danach durchgeführte Abnahmemessung der Lärmimmissionen in der Nachbarschaft die Genehmigungsfähigkeit der Verdichterstation dokumentierte.

Ursachen für Einzeltöne

Die Ursachen für Einzeltöne sind häufig akustische Quermoden innerhalb der Rohrleitung. Die Anregungsmechanismen für diese Quermoden sind vielfältig. So rei-

chen zum Teil kleine Störungen in Form von Querschnittssprüngen aus, um solche Quermoden anzufachen. Die Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Rohrleitung muss dabei noch nicht einmal übermäßig hoch sein.

Die Abbildung 5 zeigt das Farbspektrum des Luftschallpegels, aufgezeichnet an einer Rohrleitung mit einer Blende (Öffnungsverhältnis 0,7), und die Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung.

Wie aus dem Kurvenverlauf der Abbildung 5 abzulesen ist, sind bereits bei Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 12 m/s Einzeltöne im Frequenzspektrum bei ca. 1.050 Hz erkennbar. Ab ca. 20 m/s treten zusätzlich bei ca. 2.150 Hz Einzeltöne auf. Auch hier in diesem Beispiel entsprechen die gemessenen Frequenzen den Frequenzen der Quermoden der Rohrleitung. Auffällig ist, dass sich bei einer Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit die Frequenz der Einzeltöne nicht kontinuierlich sondern sprunghaft verändert.

Bei den hier beschriebenen Einzeltönen handelt es sich um akustische Resonanzen quer zur Strömungsrichtung (Quermoden). Diese Resonanzen werden durch stochastische Druck- und Geschwindigkeitsschwankungen im Gasstrom (Grundrauschen) angeregt. Mit zunehmendem Pegel des Grundrauschens nimmt die Intensität der Quermoden zu.

Zusammenfassung

Die Schallentstehung innerhalb von Regelarmaturen ist im Wesentlichen auf die hohen Geschwindigkeiten innerhalb der Drosselstelle und die starken Turbulenzen bei der Druckreduzierung zurückzuführen. Durch die konstruktive Gestaltung der Armatur kann bereits unmittelbar am Entstehungsort Einfluss auf die abgestrahlte Schalleistung genommen werden, so dass also eine geeignete Auswahl der Armatur sinnvoll ist.

Neben der Schallabstrahlung der Armatur ist auch die Schallabstrahlung der Rohrleitung „stromab“ aber auch „stromauf“ zu berücksichtigen, da die schallabstrahlenden Flächen hier wesentlich größer sind. Zusätzlich zu den breitbandigen Geräuschen innerhalb einer Rohrleitung findet man immer wieder Einzeltöne, die zu zusätzlichen Belästigungen führen können. Hierbei gilt grundsätzlich: je größer die Turbulenzen sind, desto größer ist die Intensität der auftretenden Einzeltöne.

Da sich Druck- und Geschwindigkeitsschwankungen in den Rohrleitungen von industriellen Anlagen nie vermeiden lassen, bleibt als Fazit, dass die Einbauten innerhalb der Rohrleitung möglichst strömungsgünstig auszuführen sind, um die Turbulenzen so gering wie möglich zu halten.

Kötter Consulting Engineers
Bonifatiusstraße 400 · 48432 Rheine
Tel.: 05971/9710-25
robert.missal@koetter-consulting.com

Literatur

DIN EN 60534-8-3
Berechnungsverfahren zur Vorhersage der aerodynamischen Geräusche von Stellventilen

VDI 3733
Geräusche bei Rohrleitungen

VDI 3738
Emissionskennwerte technischer Schallquellen Armaturen

VDMA 24422
Richtlinien für die Geräuschberechnung Regel- und Absperrarmaturen

TA-Lärm
Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)

DIN 45681
Akustik - Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen

Workshop Kolbenverdichter '04
Tagungsband zum 8. Workshop Kolbenverdichter 2004, Kötter Consulting Engineers, Rheine