

Lärminderung an Regelarmaturen von Gasrohrleitungen

Noise reduction in control valves in gas pipelines

Wenn beim Neubau von Gasregel- und Mess-Stationen im Genehmigungsverfahren gefordert wird, dass an der Grundstücksgrenze der Station die Lärmimmissionen unterhalb eines Richtwertes von 45 dB(A) bleiben, muss der Planer der Anlage die in der Station eingebauten Komponenten gezielt dimensionieren, insbesondere die dort eingesetzten Regelarmaturen.

Die folgenden Beispiele erläutern die Problematik der Schallabstrahlung von Rohrleitungen insbesondere bei dem Auftreten von Einzeltönen zeigen und Lösungsansätze zur Verringerung der Lärmemissionen aufzeigen.

Requirements for noise emissions below a guideline Fig. of 45 dB(A) at the site boundary in the context of approval procedures for construction of new gas control and measuring stations mean that the system planner must dimension the components used in such stations, and the control valves, in particular, most methodically.

The following examples illustrate the problems of noise radiation from pipelines, particularly in the case of occurrence of individual frequencies, and outline potential solutions for reduction of noise emissions.

Beim Neubau von Gasregel- und Mess-Stationen spielt die Lärmsituation in der Nachbarschaft oft eine untergeordnete Rolle. Die Stationen werden weit außerhalb der Wohnbebauung errichtet, so dass die Einhaltung der Richtwerte für die Lärmimmissionen in der Nachbar-

schaft nach der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) kein großes Problem darstellt. Ist jedoch die Planungssituation noch offen und von Seiten der Gemeinde eine Ausweisung von Wohngebieten in der Nachbarschaft geplant, kann zum Beispiel im Genehmi-



Dipl.-Ing. Robert Missal
KÖTTER Consulting
Engineers, Rheine;
Tel. 059719710-25,
robert.missal@
koetter-consulting.com

gungsverfahren gefordert werden, dass an der Grundstücksgrenze der Station die Lärmimmissionen unterhalb eines Richtwertes von 45 dB(A) bleiben.

Diese Forderung verlangt vom Planer der Anlage eine sorgfältige Prüfung und gezielte Dimensionierung der in der Station eingebauten Komponenten, insbesondere der dort eingesetzten Regelarmaturen. Die von einer Armatur abgestrahlte Schalleistung ist in erster Linie abhängig von dem Differenzdruck der Armatur und dem Massenstrom. Da diese beiden Parameter bei der Planung der Station in der Regel bereits 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

Tabelle 1: Schalldruck- und Schalleistungspegel unterschiedlicher Fabrikate

Table 1: Acoustic pressure and power levels for various makes

	Fabrikat A	Fabrikat B	Fabrikat C
Schalldruckpegel in dB(A) in 1 m Abstand	107,6	103,3	86,1
innerer Schalleistungspegel in dB(A)	145,5	141,3	124,3
Druck Eingangsseite	55 bar _a		
Druck Ausgangsseite	41 bar _a		
Volumenstrom	1.400.000 Nm ³ /h		
Temperatur	10 °C		
Medium	Erdgas trocken		
Rohrleitung	32" ANSI 600		

Tabelle 2: Schalleistungspegel der Armatur (Fabrikat C) und daraus berechneter Oktavband-Schalleistungspegel von 100 m Rohrleitung

Table 2: Acoustic power level of valve (Manufacturer C) and octave-band acoustic power level calculated from this for 100 m pipeline

	Oktavbandmittenfrequenz						Einheit
	gesamt	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	
innerer Schalleistungspegel	124,3	109,4	112,4	115,4	118,4	121,4	dB
Schalldämmung der Rohrleitung		34,2	28,1	22,1	31,2	40,2	dB
Schalldruckpegel in 1 m Abstand von der Armatur einschl. 1 m Rohrleitung beiderseits	85,7	74,2	78,9	80,2	80,0	77,9	dB(A)
Schalleistungspegel der Armatur einschl. 1 m Rohrleitung beiderseits	98,2	86,7	91,4	92,7	92,5	90,4	dB(A)
Schalleistungspegel von 100 m Rohrleitung	118,3	101,7	109,5	114,9	113,0	107,5	dB(A)

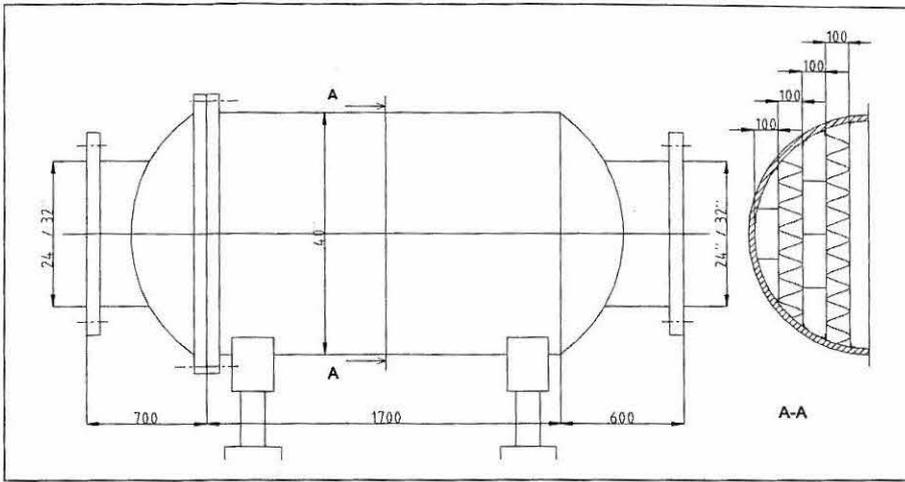


Bild 1: Rohrleitungsschalldämpfer

Fig. 1: Pipeline silencer

einem Meter seitlich von der Rohrleitung gemessen werden kann. Dieser Schalldruckpegel ist der so genannte Schalldruckpegel unter Freifeldbedingungen nach der DIN 45635.

Vergleich unterschiedlicher Fabrikate

Tabelle 1 zeigt die zu drei verschiedenen Fabrikaten berechneten Schalleistungspegel bzw. Schalldruckpegel in einem Meter Abstand von der Armatur bei gleichen Betriebsbedingungen. Wie aus den Werten zu erkennen ist, kann durch die geeignete Auswahl des Fabrikats bereits in der Planungsphase die

Lärmsituation auf der Station erheblich beeinflusst werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Angabe des Schalleistungspegels in der Rohrleitung „stromab“ der Armatur oft unterschätzt wird. Zwar ist die Schalldämmung einer Rohrleitung mit den oben genannten Abmessungen nicht unerheblich. Aber aufgrund der Länge der (oberirdisch verlegten) Rohrleitung und der geringen Pegelabnahme (bei einer Rohrleitung ohne Einbauten) ist der von der Rohrleitung abgestrahlte Schalleistungspegel in vielen Fällen deutlich höher als der von der Armatur abgestrahlte.

Schallabstrahlung der Rohrleitung

Zur Verdeutlichung dieser Problematik betrachte man folgendes Rechenbei-

spiel: Für die oben erwähnte Armatur des Fabrikats C sind in Tabelle 2 der Oktavband-Schalleistungspegel, die Schalldämmung der Rohrleitungswandung, der in einem Meter Abstand von der Rohrleitung berechnete Schalldruckpegel sowie der von 100 m Rohrleitung abgestrahlte Schalleistungspegel zusammengestellt.

Vergleicht man die Schalleistungspegel aus Tabelle 2 zeigt sich, dass selbst bei großen Schalldämmungen der Rohrleitungsanlagen aufgrund der Länge und oberirdischen Verlegung der Rohrleitung deren abgestrahlte Schalleistung deutlich höher ist als die Schalleistung der Armatur. Eine Kapselung oder eine Installation der Armatur innerhalb eines Gebäudes kann daher eine ungeeignete Maßnahme zur Verringerung der Lärmmissionen in der Nachbarschaft sein. Viel effektiver wäre die Verringerung der Schallabstrahlung der Rohrleitung durch die Installation einer Rohrleitungsisolierung oder die Installation eines Rohrleitungsschalldämpfers unmittelbar hinter der Armatur (Bild 1).

Im Bild 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 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.

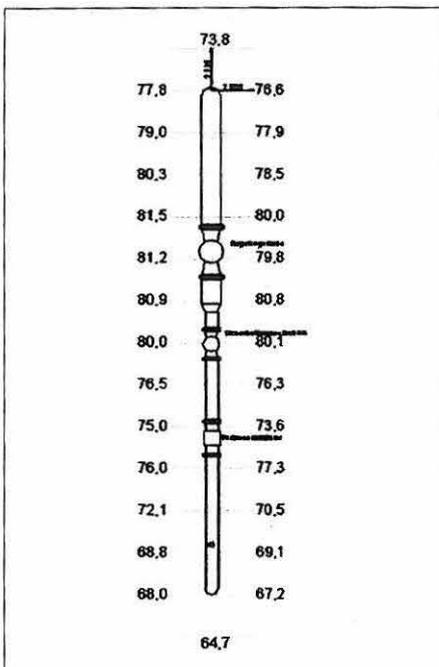


Bild 2: Schalldruckpegel in dB(A) in 2 m Abstand von der Rohrleitung

Fig. 2: Acoustic pressure level in dB(A) at a distance of 2 m from the pipeline

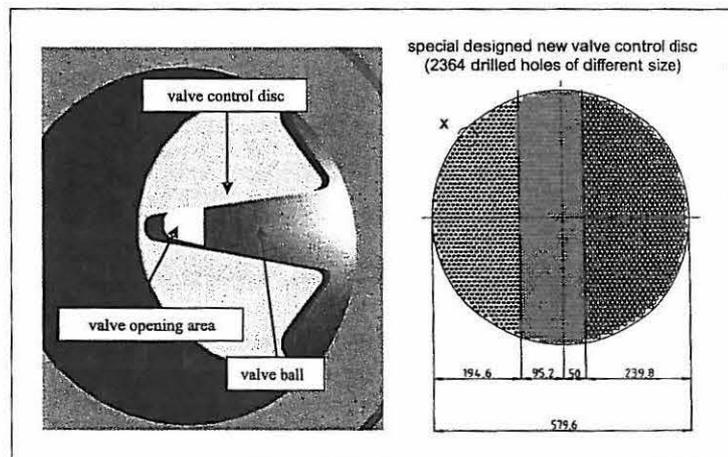


Bild 3: Skizze des Regelkugelhahns in der Position 25° geöffnet und der speziell ausgelegten Regelscheibe zur Minimierung der Schall- und Turbulenzemissionen des Regelkugelhahns

Fig. 3: Diagram of the control ball-valve in the 25° open position and specially designed control disc for minimization of noise and turbulence emissions from this valve

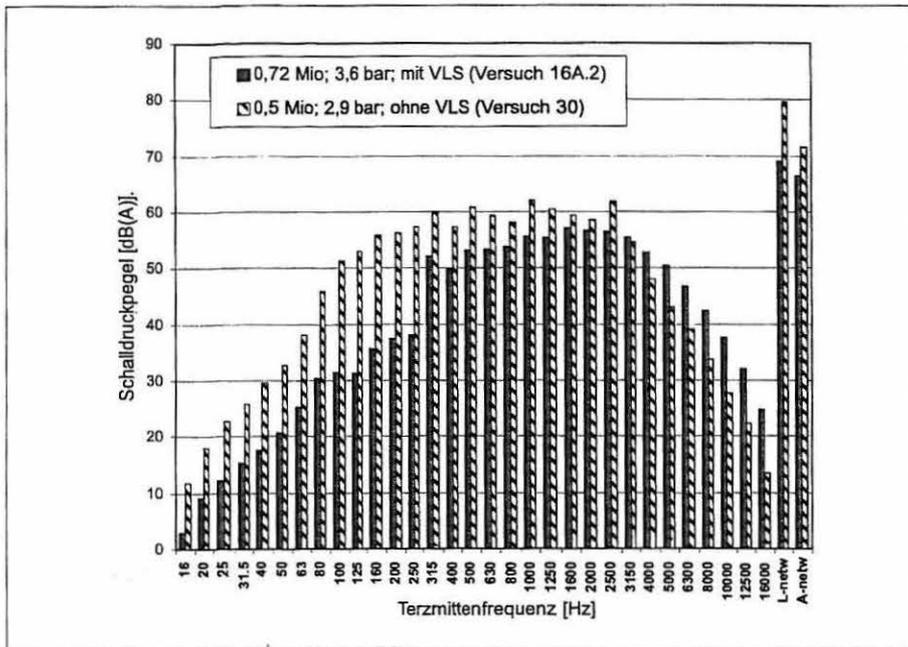


Bild 4: Mittlerer Messflächenschalldruckpegel der Rohrleitung im Bereich des Regelkugelhahns mit und ohne Vielochscheibe (VLS)

Fig. 4: Average measured surface acoustic pressure level of the pipeline in the vicinity of the control ball-valve with and without perforated disc (PD)

Praxisbeispiel „Kugelhahn“

Auf einer Gasmess- und Regelstation ist ein Regelkugelhahn eingebaut worden, da bei dem Einsatz einer konventionellen Regelarmatur Fehlmessungen in dem „stromauf“ liegenden Ultraschallzähler befürchtet wurden. Bei der Inbetriebnahme der Station wurde die Lärmsituation im Bereich der Regelstrecke bemängelt, so dass vom Hersteller des Regelkugelhahns eine Nachbesserung gefordert wurde. Durch eine Messung der von der Rohrleitung abgestrahlten Schalleistung wurde zunächst die vorhandene Situation erfasst (Bild 2).

Auf der Grundlage der Messergebnisse wurde in Zusammenarbeit mit dem Armaturenhersteller und dem Betreiber der Anlage eine Minderungsmaßnahme ausgelegt, die mit möglichst geringem Aufwand in die bestehende Regelschiene integriert werden konnte. Das Ergebnis der Berechnungen war jeweils eine Lochplatte mit einem speziellen Lochbild, die auf der Einlass- und Auslassseite des Kugelhahns eingebaut wurde (Bild 3).

Verschiedene Effekte zur Lärmreduzierung wurden so genutzt. Durch die Lochplatte und die Vielzahl kleiner Freistrahler wurde die maximale Schalleistung in einen höheren Frequenzbereich verschoben. Die Kennlinie der Armatur flacht sich in Verbindung mit einem kleineren K_{VS} -Wert ab. Entsprechend wird für einen benötigten K_V -Wert – im Ver-

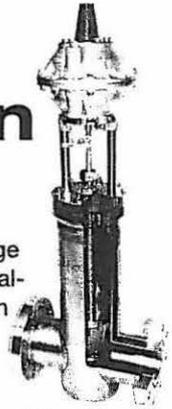
gleich zur unveränderten Armatur – eine größere prozentuale Öffnung der Regelkugel benötigt. Die bauartbedingten Strömungsablösungen „stromauf“ und „stromab“ der Armatur werden damit verkleinert, so dass auch die größeren Wirbelstrukturen, die für die tieffrequente Lärmreduzierung maßgeblich sind, verkleinert werden. Außerdem wirkt sich die verbesserte Strömungsführung durch die Langlöcher der Vielochscheiben günstig aus (drallfreie Strömung).

Durch den Einbau dieser Vielochplatten konnte der Schalleistungspegel der Rohrleitung im Mittel um ca. 8 dB reduziert werden. Die geplante Verschiebung der Frequenzbereiche mit den hohen Schalleistungspegeln konnte durch eine Vergleichsmessung (Bild 4) nachgewiesen werden. Da die Lärmsituation in der Nachbarschaft im Wesentlichen durch die tieffrequenten Geräuschteile bestimmt wird, war die erzielte Lärmreduzierung an den nächstgelegenen Immissionsorten in der Nachbarschaft deutlich größer.

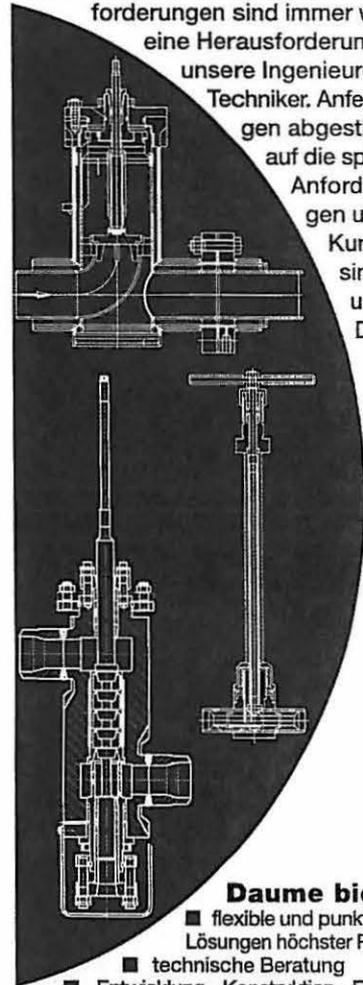
Als weiterer Nebeneffekt konnte der angezeigte Volumenstrom eines „stromauf“ installierten Wirbelzählers durch die Vielochscheiben am Regelkugelhahn in Abhängigkeit vom Betriebspunkt um bis zu 1 % vergrößert werden, so dass die jetzt vorhandene Gleichlaufabweichung zwischen Ultraschallzähler und Wirbelzähler gegenüber der Ausgangssituation deutlich verbessert ist.

Wir können mehr!

Unsere jahrzehnte lange Erfahrungen mit Spezialarmaturen ermöglichen uns, umfassende Ingenieurleistungen anzubieten. Unsere Regelarmaturen haben sich durch Qualität und Langlebigkeit bestens bewährt. Kundenspezifische Anforderungen sind immer wieder



eine Herausforderung für unsere Ingenieure und Techniker. Anfertigungen abgestimmt auf die spezielle Anforderungen unserer Kunden sind unser Ding.



Daume bietet:

- flexible und punktgenaue Lösungen höchster Präzision
- technische Beratung
- Entwicklung – Konstruktion – Fertigung
- Prüfung und Wartung



Daume Regelarmaturen GmbH

Jathostr. 8 · D-30916 Isernhagen
 Telefon: ++49 (0)5 11-9 02 14-0
 Telefax: ++49 (0)5 11-9 02 14-17
 mail@daume-regelarmaturen.de
 www.daume-regelarmaturen.de

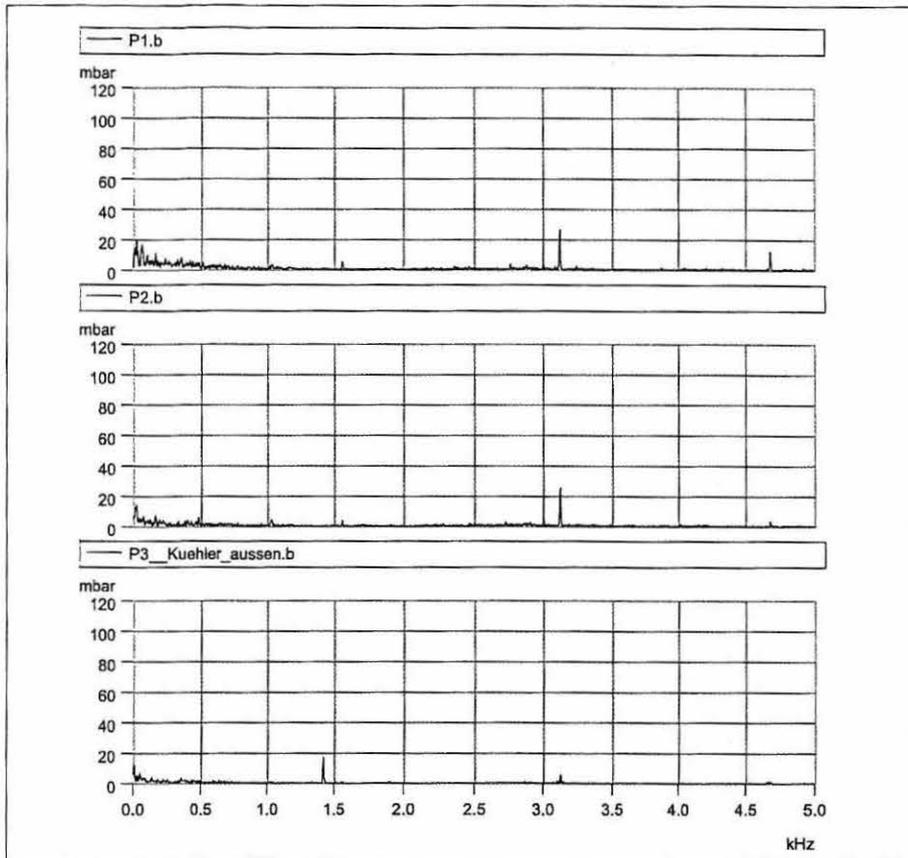


Bild 5: FFT-Analyse der Druckpulsationen innerhalb der Rohrleitung zwischen dem Verdichter und dem Kühler

Fig. 5: FFT analysis of pressure surges within the pipeline between the compressor and the cooler

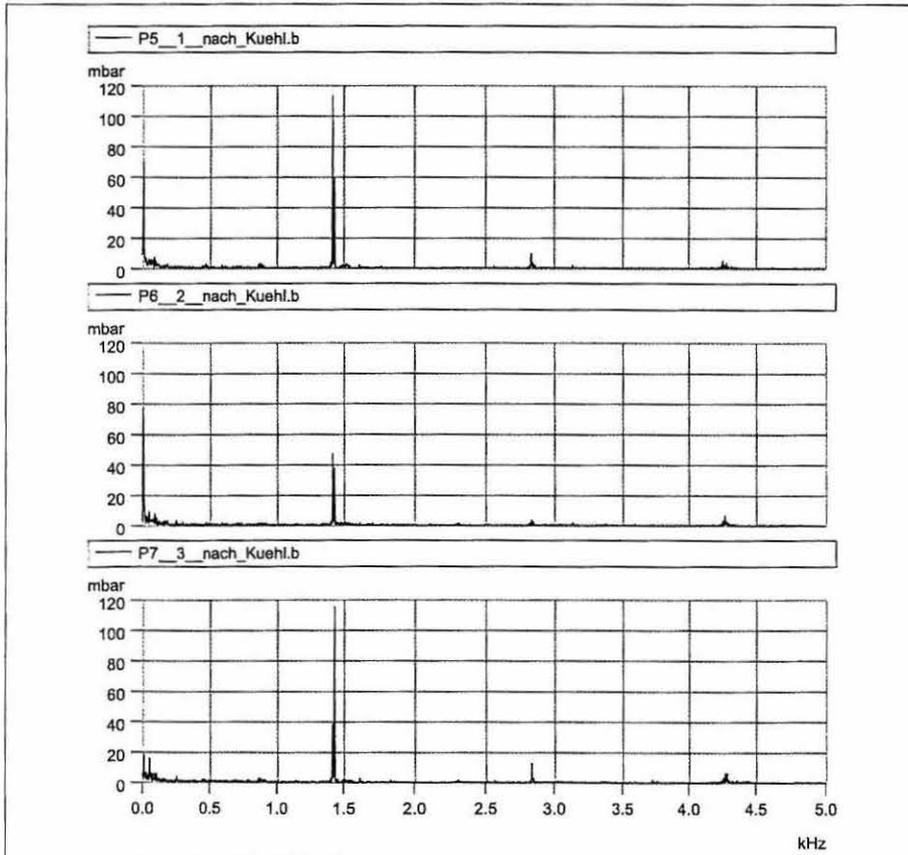


Bild 6: FFT-Analyse der Druckpulsationen innerhalb der Rohrleitung hinter dem Kühler

Fig. 6: FFT analysis of pressure surges within the pipeline downstream the cooler

Praxisbeispiel: „Einzeltonprobleme“ am Kühler eines Turboverdichters

In einem Erdgasspeicher wurden zwei Turboverdichter installiert. Nach der Inbetriebnahme wurde insbesondere beim Betrieb des zweiten Verdichters die Lärmsituation in der Nachbarschaft bemängelt. 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 in Bezug auf die Intensität des Einzeltons keine deutliche Verbesserung der Situation, so dass KÖTTER Consulting Engineers mit der Untersuchung der Ursache und der Ausarbeitung von Lärminderungsmaßnahmen beauftragt wurde.

Messungen innerhalb der Rohrleitung hinter dem Turboverdichter ergaben, dass die Intensität der Druckpulsationen bei den Einzeltonfrequenzen unmittelbar am Austritt aus dem Verdichter geringer ist als am Kühler. Daraufhin wurden auch in dem Rohrleitungsstück hinter dem Kühler (**Bild 5**) Messsensoren eingebaut. Die in **Bild 6** dargestellte Messung zeigte hinter dem Kühler deutlich höhere Intensitäten als vor dem Kühler, so dass der Verdichter als Verursacher dieser Einzelöne 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 Reparatur der Rückschlagklappe war der bemängelte Einzelton in der Anlage verschwunden.

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

Ursachen für Einzelöne

Die Ursachen für Einzelöne sind häufig akustische Quermoden innerhalb der Rohrleitung. Die Anregungsmechanismen für diese Quermoden sind vielfältig. So reichen zum Teil kleine Störungen in Form von Querschnittssprüngen aus, um solche Quermoden anzufachen. Die

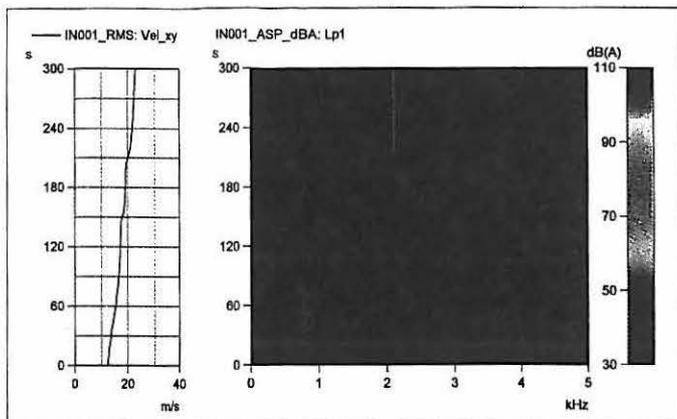


Bild 7: Strömungsgeschwindigkeiten und Amplitudenspektren der A-bewerteten Schalldruckpegel bei Vergrößerung des Volumenstroms
Fig. 7: Flow velocities and amplitude spectra of A-weighted acoustic pressure levels upon enlargement of volumetric flow

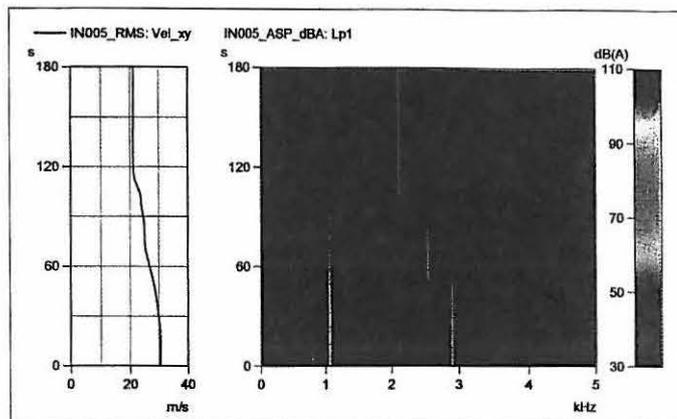


Bild 8: Strömungsgeschwindigkeiten und Amplitudenspektren der A-bewerteten Schalldruckpegel bei Verkleinerung des Volumenstroms
Fig. 8: Flow velocities and amplitude spectra of A-weighted acoustic pressure levels upon reduction of volumetric flow

Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Rohrleitung muss dabei noch nicht einmal übermäßig hoch sein.

Bild 7 zeigt das Farbspektrogramm des Luftschallpegels, aufgezeichnet an einer Rohrleitung mit einer Blende (Öffnungsverhältnis 0,7), und die Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung.

Wie aus dem Kurvenverlauf 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 (**Bild 8**).

Die Kurven in **Bild 8** zeigen bei $t = 55$ s bzw. bei einer Strömungsgeschwindigkeit von ca. 27 m/s eine sprunghafte Änderung der Frequenz von 2.900 Hz auf 2.550 Hz. 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 Grundrauschen

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 bei geeigneter Auswahl der Armatur kostenintensive sekundäre Schallschutzmaßnahmen wie Schalldämpfer oder eine Rohrleitungsisolierung eingespart werden können.

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 Belastigungen führen können. Ursache hierfür sind zum Beispiel die durch Turbulenzen angeregten Quermoden innerhalb der Rohrleitung. 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, sollten die Einbauten innerhalb der Rohrleitung möglichst strömungsgünstig ausgeführt werden, um die Turbulenzen zumindest so gering wie möglich zu halten.

Literatur

- [1] DIN EN 60534-8-3, Berechnungsverfahren zur Vorhersage der aerodynamischen Geräusche von Stellventilen
- [2] VDI 3733, Geräusche bei Rohrleitungen
- [3] VDI 3738: Emissionskennwerte technischer Schallquellen, Armaturen
- [4] VDMA 24422: Richtlinien für die Geräuschberechnung Regel- und Absperrarmaturen
- [5] TA Lärm, Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)
- [6] DIN 45681: Akustik – Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen
- [7] Brümmer, A.; H. Slawig, H.; Jäkel, H.: Analyse und Beseitigung störender Gleichlaufabweichungen zwischen einem Ultra-Schall- und Wirbelzähler in einer DN 600 PN 100 Erdgasverteilerstation. GWF Gas/Erdgas 144 (2003), Heft 4, Seite 257-261.
- [8] Workshop Kolbenverdichter '04, Tagungsband zum 8. Workshop Kolbenverdichter 2004, KÖTTER Consulting Engineers, Rheine

mit Einkaufsberater

Industrie armaturen

The Industrial Valve Journal

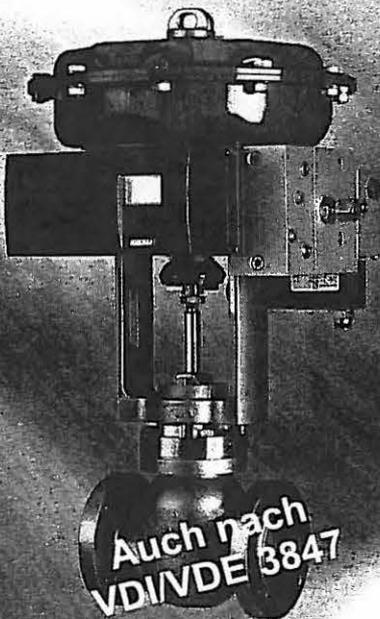
Prozesstechnik, Armaturenservice

<http://www.industriearmaturen.de>

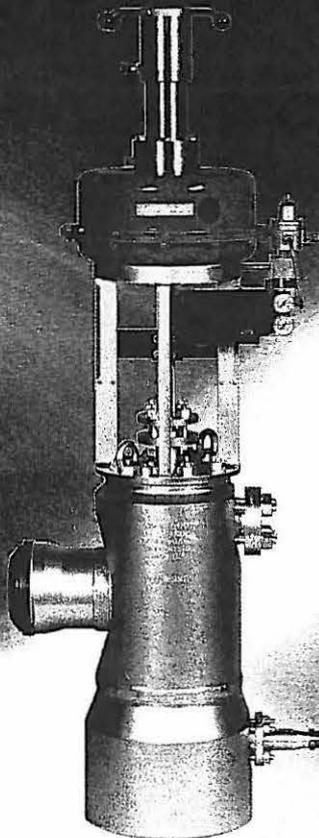
ECOTROL®

BIOVENT®

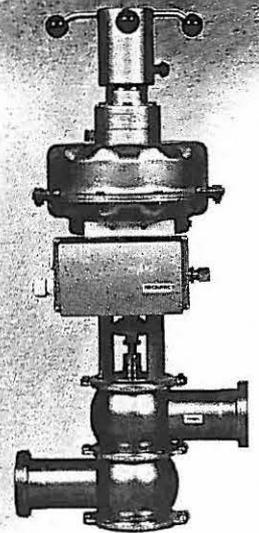
Hidden Champion



Dampfkonditioniere



Durstlöcher

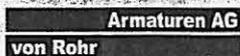


ARCA VENTILE

*Zuverlässigkeit
in Regelarmaturen*

Inserer Erfahrung für Ihren Einsatzfall !

ARCA Flow Gruppe - ein zuverlässiger Partner:



ARCA Regler GmbH
Tel.: +49 2156-7709-0
Fax: +49 2156-7709-55
sale@arca-valve.com
www.arca-valve.com