VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Geräusche bei Rohrleitungen
Noise at pipes

VDI 3733
Ausg. deutsch/engl.
Issue German/English

ICS 17.140.20

Deskriptoren: Schalttechnik, Rohrleitung, Geräusch, Schallminderung

Diese Übersetzung ist vom VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE VDI, Düsseldorf/Deutschland, lizenziert, aber nicht geprüft worden. Verbindlich für den Inhalt der Richtlinie ist die deutsche Fassung.

This translation has been licensed by VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, VDI, Düsseldorf/Germany, but has not been examined. The original German version is the offical version as regards content of the guideline.

Inhalt

Seite

Vorbemerkung ... 2

1 Einführung ... 3
1.1 Zweck und Anwendung ... 3
1.2 Allgemeines ... 4

2 Begriffe, Zeichen, Einheiten ... 6

3 Schallentstehung ... 6
3.1 Rohrleitungseigene Schallquellen ... 6
3.1.1 Strömung ... 6
3.1.2 Rohrleitungsgestaltung ... 8
3.1.3 Kavitation ... 9
3.1.4 Feststoffe im Fluid ... 9
3.2 Rohrleitungszugeordnete Schallquellen ... 11

4 Schallübertragung ... 11
4.1 Schall im Fluid ... 11
4.1.1 Schallfeld ... 11
4.1.2 Dämpfung ... 16
4.1.3 Eigenschwingungen von Fluidsäulen ... 17
4.1.4 Einfluß der Strömung ... 17
4.1.5 Rohrleitungs-Querschnittssprung ... 20
4.1.6 Rohrleitungs-Verzweigung ... 21
4.1.7 Rohrleitungs-Umlenkung ... 21
4.1.8 Einbauten in Rohrleitungen ... 23
4.2 Schall in der Rohrleitungswand ... 23
4.2.1 Körperschall ... 23
4.2.2 Eigenfrequenzen von Rohren ... 23

5 Schallabstrahlung ... 25
5.1 Luftschallabstrahlung infolge Körperschallanregung ... 25
5.2 Luftschallabstrahlung infolge Fluidschallanregung ... 29
5.2.1 Schalldämmung ... 29
5.2.2 Schallpegelabnahme innerhalb der Rohrleitung ... 32
5.3 Luftschallausbreitung außerhalb der Rohrleitung 33
5.4 Luftschallabstrahlung von offenen Rohrleitungen, insbesondere von Kaminen ... 35

6 Schallminderungsmaßnahmen ... 35
6.1 Minderung der Schallentstehung ... 35
6.2 Mindern der Schallausbreitung im Fluid ... 36
6.3 Mindern der Körperschallübertragung ... 42
6.4 Mindern der Luftschallabstrahlung ... 46

Contents

Page

Preliminary remarks ... 2

1 Introduction ... 3
1.1 Scope ... 3
1.2 General ... 4

2 Terminology, symbols, units ... 6

3 Sound generation ... 6
3.1 Sound sources inherent in the pipe ... 6
3.1.1 Flow ... 6
3.1.2 Pipe design ... 8
3.1.3 Cavitation ... 9
3.1.4 Solids in the fluid ... 9
3.2 Sound sources attributed to the pipe ... 11

4 Sound transmission ... 11
4.1 Sound in the fluid ... 11
4.1.1 Sound field ... 11
4.1.2 Attenuation ... 16
4.1.3 Natural vibrations of fluid columns ... 17
4.1.4 Effect of the flow ... 17
4.1.5 Jump in pipe cross-section ... 20
4.1.6 Pipe branching ... 21
4.1.7 Pipe deflection ... 21
4.1.8 Fittings in pipes ... 23
4.2 Sound in the pipe wall ... 23
4.2.1 Solid-borne sound ... 23
4.2.2 Natural frequencies of pipes ... 23

5 Sound radiation ... 25
5.1 Radiation of airborne sound as a result of excitation of solid-borne sound ... 25
5.2 Radiation of airborne sound as a result of excitation of fluid-borne sound ... 29
5.2.1 Sound attenuation ... 29
5.2.2 Sound level reduction inside the pipe ... 32
5.3 Propagation of airborne sound outside the pipe 33
5.4 Radiation of airborne sound by open pipes, particularly by chimney stacks ... 35

6 Sound reduction measures ... 35
6.1 Reduction of sound generation ... 35
6.2 Reduction of sound propagation in the fluid ... 36
6.3 Reduction of the transmission of solid-borne sound 43
6.4 Reduction of radiation of airborne sound ... 46

Fortsetzung Seite 2 bis 74
Continued on pages 2 to 74

Normenausschuß Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

VDI-Handbuch Lärmminderung

Zu beziehen durch Beuth Verlag GmbH, Berlin – Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1996

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet

Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1996

Seite

Anhang A Beispiel für die Berechnung des inneren A-bewerteten Gesamt- und Oktavschallleistungspegels der Strömungsgeräusche in geraden Rohrleitungen konstanten Querschnitts 50

Anhang B Ermittlung der spektralen Schallemission einer Rohrleitung 50

Anhang C Abschätzung des A-Schalleistungspegels eines Rohrleitungsbereiches 56

Anhang D Ermittlung der Schallemission von Kaminen 62

Anhang E Bedeutung und Einheiten der verwendeten Zeichen und Formelzeichen 66

Schrifttum 72

Page

Annex A Example for the calculation of the A-weighted total and octave-band sound power level of the internal sound power level of flow noise in straight pipes with constant cross-section 50

Annex B Determination of the sound pressure spectrum radiated by a pipe 50

Annex C Estimation of the A-weighted sound power level of a pipe area 56

Annex D Determination of the sound emission from chimney stacks 62

Annex E Meaning of symbols and units of quantities 67

Bibliography 72

Vorbemerkung

Rohrleitungen sind oft für die Geräuschsituation in ihrem Umfeld von besonderer Bedeutung. In Betrieben vieler Branchen und manchmal auch in deren Nachbarschaft, aber auch in Wohngebäuden, können die von Rohrleitungen emittierten Geräusche störende oder gesundheitsgefährdende Wirkungen haben. Das gleiche gilt für Geräusche, die über Rohrleitungen weitergeleitet und dann von nachgeschalteten Bauelementen oder von Gebäudewänden abgestrahlt werden. Gegen die von Rohrleitungen ausgehenden Geräusche können somit sowohl im Rahmen des Schallschutzes am Arbeitsplatz als auch des Immissionsschutzes in der Nachbarschaft Minderungsmaßnahmen erforderlich werden.

Die bei Rohrleitungen auftretenden Geräuschmechanismen sind vielschichtig; sie umfassen die Schallentstehung in den strömenden Medien, die Fluidschall- und Körperschallübertragung sowie die Luftschallabstrahlung. Um für die schalltechnisch richtige Planung, Gestaltung und Montage von Rohrleitungen im industriellen Anlagenbereich eine Anleitung zu geben, hat der Arbeitskreis "Geräusche bei Rohrleitungen" des Normenausschusses Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI diese Richtlinie erarbeitet.

Wie die Beratungen in diesem Ausschuß gezeigt haben, weist das hier behandelte Thema einen erheblichen Schwierigkeitsgrad auf. Dieses ist teilweise dadurch bedingt, daß die zahlreichen in- und ausländischen Veröffentlichungen meistens nur spezielle Aspekte bei sehr unterschiedlichen Betrachtungsweisen behandeln und in den konkreten Aussagen nicht immer übereinstimmen. Hinzu kommt, daß für manche Teilbereiche die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist und laufende sowie zukünftige Untersuchungen Ergebnisse erwarten lassen, die den heutigen Kenntnisstand erweitern werden. Aus diesen Gründen sind bei dem vorliegenden Regelwerk, das keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, gewisse Unsicherheiten unvermeidlich.

Diese Richtlinie VDI 3733 entstand durch Überarbeitung und Ergänzung des dritten Entwurfes vom Dezember 1992, so daß hiermit eine dem heutigen Kenntnisstand entsprechende Fassung vorgelegt wird.

Preliminary remarks

Pipes are often particularly important for the noise situation in their environment. In industrial plants in many sectors and sometimes also in their neighbourhood, but also in residential buildings the noises emitted by pipes may have disturbing or deleterious effects. The same applies to noises transmitted by pipes and then radiated by connected structural components or building walls. It may thus be necessary to take measures to reduce the noise emitted by pipes both within the framework of sound insulation at the workplace and immission protection in the neighbourhood.

The noise mechanisms occurring in pipes are multifarious; they comprise the generation of sound in the flowing media, transmission of fluid sound and solid-borne sound and the radiation of airborne sound. The "Pipe noise" working committee of the German Standards Committee Acoustics, noise reduction and vibration of DIN Deutsches Institut für Normung e.V. and Verein Deutscher Ingenieure VDI has drawn up this Guideline to provide information on the correct planning, design and assembly of pipes from the sound point of view.

The discussions in this committee revealed that the subject dealt with here is quite difficult. This is partly because the many German and foreign publications usually examine only special aspects with widely varying approaches and do not always agree in specific findings. In addition, development work is not yet concluded in many sectors and current as well as future investigations can be expected to produce results, which will extend the present level of knowledge. For these reasons some uncertainties are unavoidable in the present regulations, which do not lay claim to completeness.

This Guideline VDI 3733 is the outcome of detailed revision and supplementation of the third draft of December 1992, so that a version corresponding to the present state of knowledge is now submitted.