

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Schwingungen in Rohrleitungssystemen

Vibrations in piping systems

VDI 3842

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt

Vorbemerkung	3
1 Zweck und Anwendungsbereich	4
2 Mitgeltende Normen und Richtlinien	5
3 Formelzeichen	7
4 Schwingungsphänomene	10
4.1 Übersicht	10
4.2 Schwingungen infolge von stationärer Rohrströmung	10
4.2.1 Durchströmte Rohre und Formstücke (Turbulenz)	10
4.2.2 Angeströmte Rohre, Rohrbündel und Einbauten (Wirbelablösung)	11
4.2.3 Armaturen	11
4.3 Schwingungen infolge von Druckstößen und Flüssigkeitsschlägen	11
4.4 Schwingungen infolge von Druckpulsationen	12
4.5 Schwingungen infolge von Fremderregungen	12
5 Schwingungsberechnungen	13
5.1 Beschreibung der Erregungen	13
5.1.1 Stationäre Rohrströmung	13
5.1.2 Druckstöße und Flüssigkeitsschläge	14
5.1.3 Druckpulsationen	16
5.1.4 Fremderregungen	17
5.2 Fluidynamische Berechnungen	20
5.2.1 Grundlagen	20
5.2.2 Modellbildung	22
5.2.3 Rechenverfahren	23
5.2.4 Ergebnisse	24
5.2.5 Übergabe der Fluidkräfte an das Programm zur Strukturanalyse	24
5.3 Strukturdynamische Berechnungen	27
5.3.1 Grundlagen	27
5.3.2 Modellbildung	29



Contents

Preliminary note	3
1 Scope	4
2 Associated standards and guidelines	5
3 Symbols	7
4 Vibration phenomena	10
4.1 Overview	10
4.2 Vibrations resulting from steady-state pipe flow	10
4.2.1 Pipes and fittings with throughflow (turbulence)	10
4.2.2 Immersed pipes, pipe boundles and internals (vortex shedding)	11
4.2.3 Valves	11
4.3 Vibrations resulting from pressure surges and water hammers	11
4.4 Vibrations resulting from pressure pulsations	12
4.5 Vibrations resulting from external excitations	12
5 Vibration calculations	13
5.1 Description of types of excitation	13
5.1.1 Steady-state pipe flow	13
5.1.2 Pressure surges and water hammers	14
5.1.3 Pressure pulsations	16
5.1.4 External excitations	17
5.2 Fluid-dynamics calculations	20
5.2.1 Basic principles	20
5.2.2 Modelling	22
5.2.3 Calculating methods	23
5.2.4 Results	24
5.2.5 Transfer of fluid forces to structural analysis program	24
5.3 Structural dynamics calculations	27
5.3.1 Basic principles	27
5.3.2 Modelling	29

Seite	Page
5.3.2.1 Grundsätze	29
5.3.2.2 Balkenmodelle	31
5.3.2.3 Allgemeine FEM-Modelle .	35
5.3.3 Dämpfung	35
5.3.4 Rechenverfahren	36
5.3.4.1 Übersicht	36
5.3.4.2 Bewegungsgleichung und Eigenschwingungen.	37
5.3.4.3 Modales Zeitablauf-verfahren	38
5.3.4.4 Berechnung im Frequenzbereich (Frequenzgang-verfahren)	39
5.3.4.5 Antwort-Spektrum-Verfahren	40
5.3.4.6 Direkte Numerische Integration.	42
5.3.4.7 Ersatzverfahren	42
5.3.4.8 Berücksichtigung von Modellunschärfen („Frequenzshift“)	42
5.3.5 Einflüsse von Nichtlinearitäten: Lagerspiel und Lagerreibung	43
5.3.5.1 Übersicht	43
5.3.5.2 Lagerspiel und freie Schwingungen	43
5.3.5.3 Lagerreibung und freie Schwingungen	44
5.3.5.4 Progressive Federkennlinie und harmonisch erzwungene Schwingungen	45
5.4 Rechenprogramme	47
6 Schwingungsmessungen	48
6.1 Fluidynamische Messungen.	48
6.1.1 Messaufgaben, Messgrößen	48
6.1.2 Druckaufnehmer (Sensoren).	49
6.1.3 Messstellenplan und Applikation	49
6.2 Strukturdynamische Messungen	50
6.2.1 Messaufgaben, Messgrößen	50
6.2.2 Schwingungsaufnehmer (Sensoren)	53
6.2.3 Messstellenplan und Applikation	54
6.3 Auswerteverfahren, Ergebnisse.	55
6.4 Messbericht	55
6.5 Vergleich der Ergebnisse aus Versuch und Analyse – Technische Diagnostik	57
7 Schwingungsbewertung	58
7.1 Übersicht	58
7.2 Globale Beurteilung	58
5.3.2.1 Basic principles.	29
5.3.2.2 Beam models	31
5.3.2.3 General FEM models.	35
5.3.3 Damping.	35
5.3.4 Calculating methods.	36
5.3.4.1 Overview	36
5.3.4.2 Equation of motion and natural vibrations	37
5.3.4.3 Time-history modal analysis	38
5.3.4.4 Calculation in the frequency range (frequency-response method)	39
5.3.4.5 Response-spectrum modal analysis	40
5.3.4.6 Direct numerical integration	42
5.3.4.7 Substitution methods	42
5.3.4.8 Taking model uncertainties into account (”frequency shift“)	42
5.3.5 Influences of non-linearities: gaps and friction in support constructions.	43
5.3.5.1 Overview	43
5.3.5.2 Gaps and free vibrations	43
5.3.5.3 Friction and free vibrations	44
5.3.5.4 Progressive spring characteristic and harmonically forced vibrations	45
5.4 Programs	47
6 Vibration measurements	48
6.1 Fluid-dynamics measurements	48
6.1.1 Measuring tasks and measured variables	48
6.1.2 Pressure pick-up devices (sensors)	49
6.1.3 Measuring points plan and application	49
6.2 Structural dynamics measurements	50
6.2.1 Measuring tasks and measured variables	50
6.2.2 Vibration pick-up devices (sensors)	53
6.2.3 Measuring points plan and application	54
6.3 Evaluation methods and results	55
6.4 Measurement report	55
6.5 Comparison of the results from testing and analysis – technical diagnostics	57
7 Vibration evaluation	58
7.1 Overview	58
7.2 Global assessment	58

7.2.1	Beurteilung von Druckstößen	58
7.2.2	Beurteilung von Druckpulsationen	59
7.2.3	Anhaltswerte zulässiger Schwinggeschwindigkeiten	60
7.2.4	Näherungsverfahren zur Beurteilung von Rohrleitungsschwingungen	63
7.3	Spannungsbeurteilung	64
7.3.1	Festigkeit	64
7.3.2	Ermüdung	70
7.3.3	Risse und Leck-vor-Bruch – Verhalten	73
8	Abhilfemaßnahmen	76
8.1	Minderung der Erregung	76
8.1.1	Maßnahmen bei Schwingungen infolge von stationärer Rohrströmung	76
8.1.2	Maßnahmen bei Schwingungen infolge von Druckstößen und Flüssigkeitsschlägen	77
8.1.3	Maßnahmen bei Schwingungen infolge von Druckpulsationen	80
8.1.4	Maßnahmen bei Schwingungen infolge von Fremderregungen	81
8.2	Maßnahmen zur Schwingungsreduzierung in Rohrleitungssystemen	83
8.2.1	Verstimmung	83
8.2.2	Dämpfung	83
8.2.3	Sondermaßnahmen	84
	Schrifttum	87
7.2.1	Assessment of pressure surges	58
7.2.2	Assessment of pressure pulsations	59
7.2.3	Guidance values for permissible vibration velocities	60
7.2.4	Approximative methods for assessing pipe vibrations	63
7.3	Stress assessment	64
7.3.1	Strength	64
7.3.2	Fatigue	70
7.3.3	Cracks and leak-before-break behaviour	73
8	Remedial measures	76
8.1	Reduction of excitation	76
8.1.1	Measures applicable to vibrations resulting from steady-state pipe flow	76
8.1.2	Measures applicable to vibrations resulting from pressure surges and liquid hammers	77
8.1.3	Measures applicable to vibrations resulting from pressure pulsations	80
8.1.4	Measures applicable to vibrations resulting from external excitations	81
8.2	Measures for reducing vibrations in piping systems	83
8.2.1	Detuning	83
8.2.2	Damping	83
8.2.3	Special measures	83
	Bibliography	87