



Änderungen durch die 2016er Revision des ASME-Standards für Schutzrohre

Überfahren der In-Line-Resonanz

PROFI-GUIDE	Anlagenbau		ENTSCHEIDER-FACTS
	Branche	● ● ●	
	Chemie	● ● ●	
	Pharma	● ●	
	Ausrüster	● ●	
Funktion	Planer	● ● ●	
	Betreiber	● ● ●	
	Einkäufer	●	
	Manager		

Bei Schutzrohren für Thermometer gilt er als Maß aller Dinge: Wer bei deren Festigkeitsberechnung nach dem global anerkannten Standard ASME PTC 19.3 verfährt, sichert sich gegen viele Eventualitäten ab. Diese Norm an sich ist alt: Bereits 1974 veröffentlichte die American Society of Mechanical Engineers (ASME) den Standard für die Temperaturmessung, PTC (Performance Test Code) 19.3-1974. Die darin enthaltenen Maßgaben für die Schutzrohr-Berechnung basierten auf den Grundlagen von J.W. Murdock aus dem Jahr 1959. Mehr als 35 Jahre lang blieb dieser Standard unverändert gültig.

Erste Revision nach schwerem Unfall

Einen Anlass zur Überarbeitung gab ein schwerer Unfall im japanischen Kernkraftwerk Monju im Jahr 1995. Unfallursache war der von Turbulenzen ausgelöste Ab-

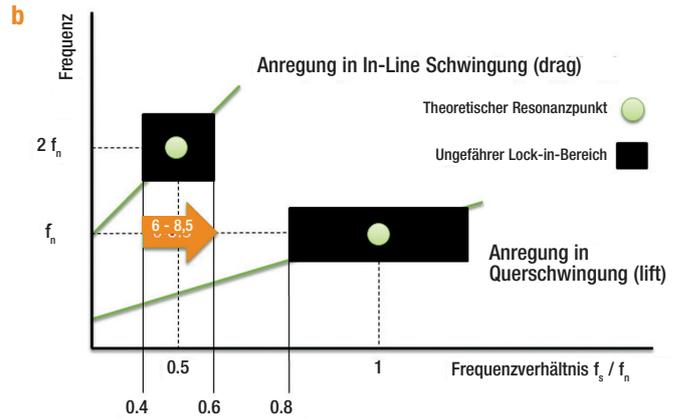
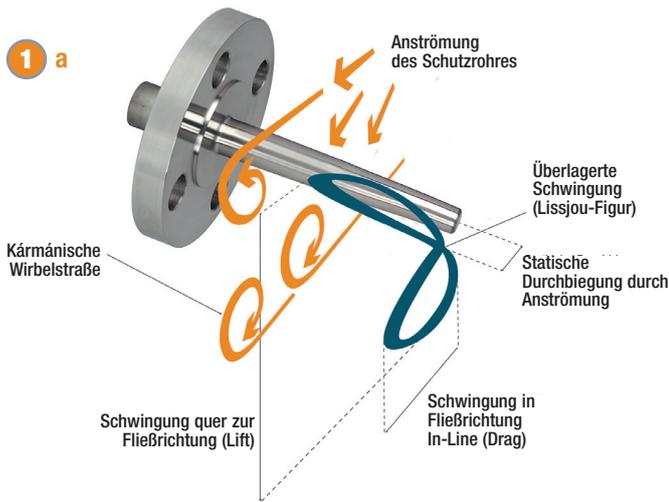
riss eines Schutzrohres: Die Schwingungsrichtung des Rohrs verlief parallel zur Fließrichtung des Mediums in der Leitung. Eine solche In-Line-Resonanz war in der Berechnungsgrundlage von 1974 nicht berücksichtigt. Diese bezog sich nur auf die mehrheitlich vorkommende Aufschwingung im rechten Winkel zur Fließrichtung.

In Folge des Monju-Unfalls wurde die ASME-Norm von 1974 komplett überarbeitet und das Ergebnis 2010 publiziert. Die wichtigste Neuerung im Vergleich zum Ursprungswerk war – neben der Verwendung einer variablen Strouhalzahl – die Aufnahme der in Monju zum Problem gewordenen In-Line-Resonanz in die Berechnung. Die ASME PTC 19.3 TW-2010 wurde seitdem weltweit erfolgreich bei Industrieprozessen angewendet, die hohen Belastungen wie durch Fließgeschwindigkeit ausgesetzt sind. Dies trifft zum Beispiel auf Unterneh-

Der Autor:



Kai Grabenauer,
Produkt Manager,
CoE Europe Electrical
Temperature
Measurement



1 a: Schutzrohrberechnung für Temperatur-Messstellen; b: Überfahren der In-Line-Resonanz

2 a: Unterschiedliche Anströmung im Rohrbogen; b: schräger Einbau in Rohrleitung

3 Bemaßung der Bodenstärke t

men in der Öl-, Gas- und Chemie-Branche zu. Nun liegt die aktualisierte Fassung mit dem Zusatzkürzel TW-2016 vor. Die ASME PTC 19.3 TW-2016 enthält klarere und detailliertere Definitionen als die Version von 2010. Änderungen beziehen sich auf folgende Aspekte:

- Anforderungen zum Überfahren der In-Line-Resonanz
- Einbau in Rohrbögen und schräger Einbau in Rohrleitungen
- Anforderungen an die minimale Bodenstärke des Tauchschafts

Anforderungen zum Überfahren der In-Line-Resonanz

Kapitel 6-8.5 des Standards beschreibt die Anforderungen zum Überfahren der In-Line-Resonanz bei einem Verhältnis der Strouhal- oder Erregerfrequenz zur Eigenfrequenz $f_s/f_n = 0,5$ eindeutig als zuvor. Demzufolge ist ein Überfahren durch den Anlagenbetreiber eigenverantwortlich möglich, wenn das Prozessmedium gasförmig ist und sich der Bereich der In-Line-Resonanz nicht im Dauerbetrieb der Anlage befindet. Hierbei darf die zulässige Biegewechsel-Beanspruchung durch die kumulierte Schwingungsanzahl von 10^{11} Zyklen nicht überschritten werden. Diese Zyklenanzahl entspricht für ein einteiliges Schutzrohr aus Edelstahl mit konischem Tauchschaft, 25/19 mm Durchmesser und 6,6 mm Boh-

Einige der in Revision TW-2010 enthaltenen Anforderungen führten in der Alltagspraxis zu Problemen.

Bei einer Einbaulänge von 250 mm einem Zeitraum von etwa fünf Jahren. Die Eigenfrequenz eines solchen Rohres liegt bei etwa 300 Hz. Bei einer Einbaulänge von 550 mm sinkt die Frequenz auf rund 60 Hz ab, 10^{11} Zyklen dauern dann etwa 26 Jahre.

Darüber hinaus darf das Prozessmedium die Fatiguebelastbarkeit des Schutzrohr-Werkstoffs nicht negativ beeinflussen. Für den nie völlig auszuschließenden Fall eines Schutzrohrabrisses in Folge von In-Line-Resonanz verpflichtet die Norm zu Sicherheitsvorkehrungen, um schwerwiegende Schäden zu verhindern.

Einbau in Rohrbögen und schräger Einbau

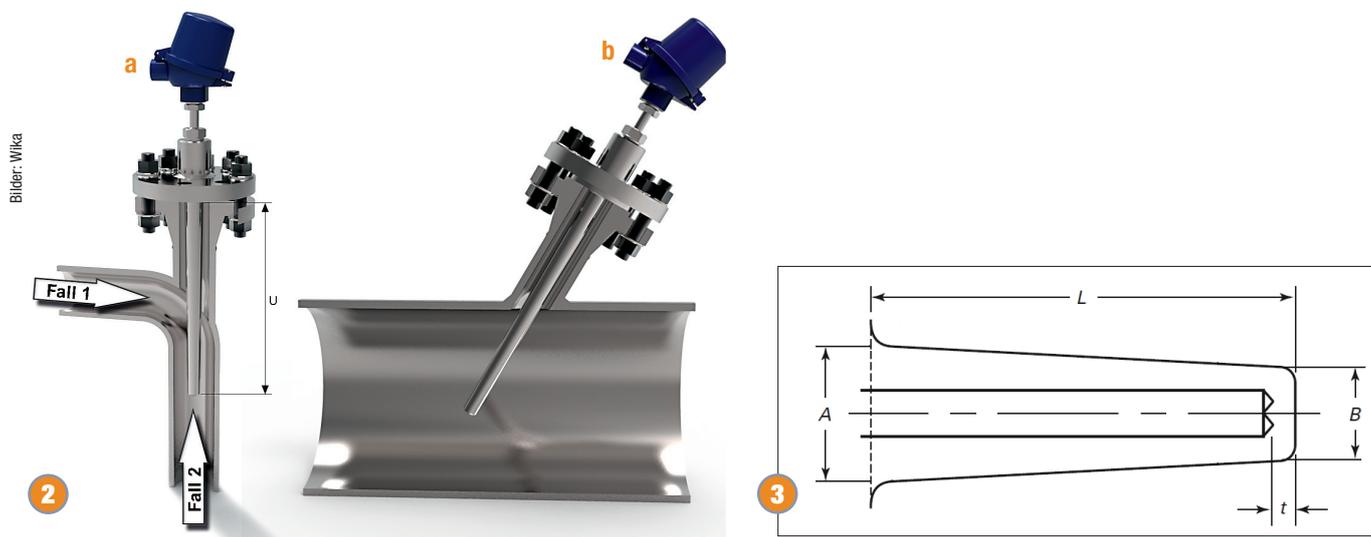
Bei der Montage von Schutzrohren in Rohrbögen unterscheidet die Revision TW-2016 grundsätzlich zwei Fälle: Im Fall 1 weist die Schutzrohrspitze in Fließrichtung. Diese Einbausituation wird so berechnet, als ob das Schutzrohr auf seiner gesamten Einbaulänge angeströmt würde. Im Fall 2 wird das Schutzrohr von der Spitze her angeströmt, eine für viele Anwendungen bevorzugte Lage. Hierbei muss die Berechnung ebenfalls über die gesamte Einbaulänge erfolgen, jedoch liegt die Berechnung des statischen Biegemoments außerhalb des Gültigkeitsbereichs der ASME PTC 19.3 TW-2016. Anlagenbetreiber sollten in diesem Fall Biegemoment und Strouhalzahl auf der Basis numerischer Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics, CFD) oder experimenteller Messungen ermitteln.

Die Norm enthält ein ergänzendes Kapitel (6-10.8) für den oft praktizierten schrägen Einbau eines Schutzrohres in Rohrleitungen. Bei dieser Berechnung spielt die Richtung der Anströmung keine Rolle, das Schutzrohr wird nach der konservativen Methode ausgelegt, also mit rechtwinkliger Anströmung.

Minimale Bodenstärke des Tauchschafts

Die Bodenstärke des Tauchschafts (t) innerhalb der gemäß ASME PTC 19.3 TW-2016 gültigen Grenzen misst mindestens 3,0 mm (Kapitel 4.1). Enorm relevant ist diese Änderung vor allem für die Optimierung des Schutzrohres im Falle einer nicht bestandenen Berechnung. In der Vorversion TW-2010 galt die Anforderung, dass die Bodenstärke mindestens der minimalen Wandstärke des Schutzrohres an der Spitze entsprechen muss, was in der täglichen Anwendung problematisch war.

Um dies zu verstehen, muss man sich vor Augen führen, welche Möglichkeiten zum Optimieren des Schutzrohrdesigns überhaupt PTC-19.3-konform sind. Anlagenbetreiber können entweder die Einbaulänge (L) verkürzen oder den Wurzeldurchmesser (A) und den angeströmten Spitzendurchmesser (B) des Tauchschafts verstärken. Diesen Durchmessern und dem daraus resultierenden Konus-Verhältnis B/A setzen die Angaben in ASME PTC 19.3 TW-2016 jedoch Grenzen.



So muss sich zum Beispiel das Konus-Verhältnis B/A zwischen $0,58$ (= max. Konus) und 1 (= gerader Tauchschaft) bewegen. Diese Regelungen sind in der Praxis allerdings nicht unproblematisch: So limitiert der Innendurchmesser des Flanschstutzens eine Verstärkung des Wurzeldurchmessers. Eine Vergrößerung des Spitzendurchmessers hingegen wirkt sich negativ auf die Ansprechzeit des Thermometers aus.

Ein Beispiel verdeutlicht die Effektivität von geändertem Wurzel- und Spitzendurchmesser eines geraden Schutzrohrs mit einem Tauchschaft von 16 mm Durchmesser: Ein auf 27 mm vergrößerter Wurzeldurchmesser führt zunächst zu maximalem Konus und verbessert das Verhältnis der Strouhalfrequenz zur Eigenfrequenz (f_s/f_n) um 51% , ohne die Ansprechzeit wesentlich zu verschlechtern. Eine im zweiten Schritt durchgeführte Vergrößerung des Spitzendurchmessers auf 27 mm (= gerades Design) optimiert das Frequenzverhältnis um weitere 13% , verlängert allerdings die Ansprechzeit deutlich. Deren Wert würde sich bei Anwendung des bisherigen Standards weiter verschlechtern, weil dieser eine verstärkte Spitzendicke von 10 mm erfordert. Außerdem wäre die Sensorlänge auf die geänderte Bohrungstiefe anzupassen. Gemäß der aktuellen ASME PTC 19.3 TW-2016 hingegen kann die

Spitzendicke unverändert bleiben, solange ihre Stärke mindestens 3 mm beträgt.

Die Revision des Abschnitts TW der PTC 19.3 hat die ASME weiterhin dazu genutzt, durch eine moderne Art der Darstellung die Verständlichkeit und Lesbarkeit des Standards zu vereinfachen sowie Rundungsfehler in den Berechnungsbeispielen zu bereinigen.

Fazit: Der Standard ASME PTC 19.3 TW-2016 bietet Anwendern Verbesserungen in wichtigen Details. Wie beim Schreiben von Computerprogrammen gilt jedoch auch bei der Schutzrohrberechnung immer das Motto „garbage in, garbage out“. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse der Festigkeitskalkulation nur so gut sein können wie die Prozessdaten, die ihnen als Eingabeparameter zugrunde liegen. Falls zum Beispiel die Fließgeschwindigkeit des Mediums im Prozess um 20% schwankt, werden relevante Ergebnisse wie das Frequenzverhältnis die gleiche Schwankungsbreite aufweisen. Das wiederum macht eine seriöse Beurteilung, wie das Schutzrohr auszulegen ist, unmöglich. ●



Weitere Fachbeiträge über ASME-Standards finden Sie online unter www.chemietechnik.de/1608ct606 – oder über den gescannten QR-Code.