# Vibrationen und Brummgeräusche einer Rauchgasreinigungsanlage beseitigt

**Bei einer Rauchgasreinigungsanlage einer Industrieanlage traten unter bestimmten Betriebsbedingungen tieffrequente Geräusche und erhöhte Schwingungen auf. Im Rahmen einer umfassenden messtechnischen Untersuchung wurde die Ursache der beanstandeten Schall- und Schwingungssituation analysiert, um gezielte Minderungsmaßnahmen zu planen.**

Seit der Inbetriebnahme der Rauchgasreinigungsanlage hatte das Anlagenpersonal immer wieder zeitweise auftretende tieffrequente Geräusche und erhöhte Schwingungen bemerkt, die hauptsächlich im Bereich hinter dem Saugzuggebläse auftraten. In diesem Abschnitt befindet sich unter anderem der dampfbeheizte Gasvorwärmer (Rohrbündel-Wärmetauscher), der das Rauchgas über indirekte Wärmeübertragung auf die erforderliche Betriebstemperatur erhitzt. Da die Intensität der Schwingungen und Geräusche von den Betriebsbedingungen der Anlage abhängt, wurde die gesamte Rauchgasreinigungsanlage messtechnisch untersucht.

## Messablauf

Im Rahmen eines Ortstermins wurden die Anlage gesichtet sowie die Rahmenbedingungen und Vorbereitungsarbeiten für die Messungen abgestimmt (zum Beispiel Anbringen von Messstutzen, Entfernen der Kanalwandisolierungen). Für die nachfolgende messtechnische Untersuchung wurden Schwingungssensoren am Rauchgaskanal vor und nach dem Saugzuggebläse sowie am nachfolgenden Rauchgaskanal angebracht. Zudem wurden Druckpulsationen innerhalb des Rauchgaskanals und der Luftschall im Außenbereich an ausgewählten Stellen gemessen (siehe Abb. 1). Informationen über Gasmenge und Gastemperatur wurden als analoge Signale über eine Schnittstelle des Prozessleitsystems bereitgestellt. Während der messtechnischen Untersuchung wurden gezielt verschiedene Betriebszustände angefahren (zum Beispiel Änderung der Gasmenge und Gastemperatur), wobei die Messwerte kontinuierlich erfasst wurden.

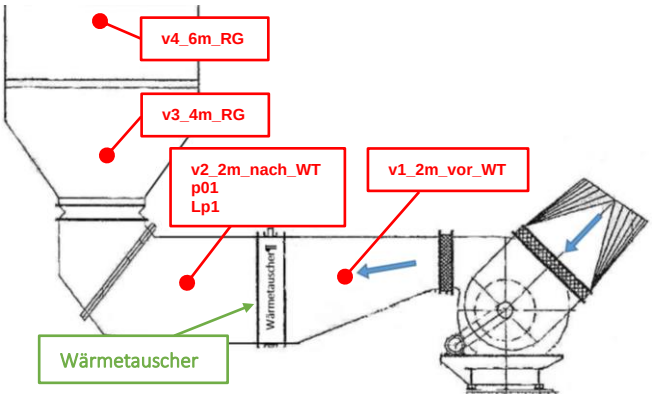


**Abb. 1:**
Messpunktlage am Kanalsystem der Rauchgasreinigungsanlage (Auszug)

## Messergebnisse

Bei einer Erhöhung der Rauchgasmenge zeigte sich ab etwa 90.000 Nm³/h ein deutlicher Anstieg der Kanalwandschwingungen, Druckpulsationen und des Schalldruckpegels direkt hinter dem Wärmetauscher (siehe Abb. 2).

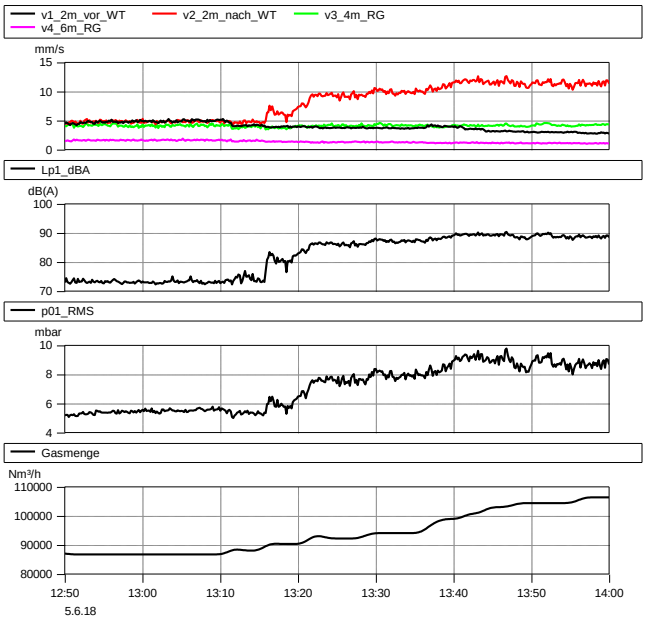


**Abb. 2:**
Verlauf der maßgeblichen Messwerte (Effektivwerte und Mittelwerte).
Von oben: Schwingungen, Schalldruckpegel, Druckpulsation, Gasmenge

An den übrigen Messpunkten blieb das Schwingungsniveau der Kanalwände weitgehend unverändert. Es stellte sich heraus, dass ab einer Gasmenge von etwa 90.000 Nm³/h eine Frequenz von ca. 109 Hz zeitgleich in den Druckpulsationen, dem Schalldruckpegel und den Kanalwandschwingungen auftrat. Diese Frequenz blieb bei weiterer Gasmengenerhöhung nahezu konstant, während die Intensität der Druckpulsationen, des Schalldrucks und der Schwinggeschwindigkeit zunahm.

Als Ursache dieses Effekts wurde eine Wirbelablösung an den innenliegenden Rohrbündeln identifiziert, die eine Resonanzanregung des Kanalsystems bewirkte. Daher wurde geprüft, ob eine akustische Resonanz (stehende Welle quer zur Strömungsrichtung) im Kanal bei dieser Frequenz vorlag.

IBW Ingenieurbüro Waning
Schall- und Schwingungstechnik

Reiningstraße 21
48653 Coesfeld

Telefon: +49 2541 9281-900
Fax: +49 2541 9281-909

E-Mail: info@ibwaning.de
Internet: www.ibwaning.de

Diese Resonanz hängt primär von der Mediumschallgeschwindigkeit und den geometrischen Randbedingungen im Rauchgaskanal ab. Aufgrund der geschlossenen Kanalgeometrie können sich nur bestimmte Wellenlängen ausbilden. Mit der allgemeinen Wellengleichung wurde für die Frequenz von etwa 109 Hz eine Wellenlänge von $\lambda/2$ ermittelt, die der geometrischen Kanalbreite entspricht.

Zudem wurde untersucht, ob eine Wirbelablösung an den Rohrbündeln auftreten kann, die das Kanalsystem zur Resonanz anregt. Unter Berücksichtigung der Rauchgasmenge, -temperatur, des statischen Drucks, der Abmessungen und Anordnung der Rohrbündel sowie der Strouhalzahl wurde eine Wirbelablösefrequenz von etwa 109 Hz berechnet.

Die Ursache der beanstandeten Situation lag somit in der Überlagerung der Wirbelablösefrequenz der Rohrbündel des Wärmetauschers mit der akustischen Resonanzfrequenz des Rauchgaskanals. Dadurch entstanden resonante Druckschwankungen (Pulsationen) im Rauchgaskanal, die die erhöhten Schwingungen in diesem Bereich hervorriefen. Häufig rastet die Wirbelablösefrequenz in die Frequenz der akustischen Resonanz ein, was über einen breiten Lastbereich zu erhöhten Schwingungen führt („Lock-in“).

### Minderungsmaßnahmen

Aufgrund des erhöhten Schwingungsniveaus an den Kanalwänden war eine Beschädigung von Bauteilen in diesem Bereich nicht auszuschließen. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen wurden praktikable und gut umsetzbare Minderungsmaßnahmen entwickelt.

### Fazit

Dieses Phänomen – mit der Wirbelablösefrequenz als Erregermechanismus und der akustischen Resonanz als Verstärkungsmechanismus – tritt in der Praxis gelegentlich auf. Die vorgeschlagenen Minderungsmaßnahmen konnten zeitnah umgesetzt werden und führten unmittelbar zur Beseitigung der beanstandeten Situation. Die Rauchgasreinigungsanlage kann nun dauerhaft und störungsfrei betrieben werden.

Wie dieses Beispiel verdeutlicht, können durch eine umfassende messtechnische Ursachenermittlung die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge präzise nachgewiesen und darauf basierend effektive Minderungsmaßnahmen erarbeitet werden.

### Kontakt

Durch die systematische Kombination von Messtechnik und ingenieurtechnischer Analyse wird nicht nur die Funktion Ihrer Anlage optimiert, sondern auch ihre Betriebssicherheit langfristig gesteigert.

Gerne unterstützen wir Sie bei der Entwicklung maßgeschneiderter Lösungen für Schwingungsprobleme Ihrer Maschinen und Anlagen. Mit unserer langjährigen Erfahrung stehen wir Ihnen von der Analyse bis zur Umsetzung zur Seite. Kontaktieren Sie uns, um gemeinsam die optimale Lösung zu finden!

IBW Schall- und Schwingungstechnik

IBW Ingenieurbüro Waning
Schall- und Schwingungstechnik
Reiningstraße 21
48653 Coesfeld

Tel.: 02541 9281-900
Fax: 02541 9281-909
E-Mail: info@ibwaning.de
Internet: www.ibwaning.de

Messung, Berechnung, Beurteilung und Minderung von Schall und Schwingungen

Maschinendynamik
Maschinendiagnose
Rohrleitungsschwingungen
Druckpulsation
Eigenfrequenz- und Eigenformanalyse
Dynamische und statische Lasten
Torsionsschwingungs- und Drehmomentmessung

Technische Akustik
Konstruktionsakustik
Lärmminderung
Schallmessungen
Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz
Schalldämpferauslegung
Raumakustik

Erschütterungsschutz
Erschütterungsmessung
Erschütterungsprognose
Schwingungsschutz und Fundamentauslegung