

Brummgeräusche einer Rauchgasreinigungsanlage beseitigt

Bei der Rauchgasreinigungsanlage einer Industrieanlage traten bei bestimmten Betriebsbedingungen tieffrequente Geräusche und erhöhte Schwingungen auf. Im Rahmen einer umfassenden messtechnischen Untersuchung sollte die Ursache der bemängelten Schall- und Schwingungssituation geklärt werden, um gezielt Minderungsmaßnahmen planen zu können.

Seit Inbetriebnahme der Rauchgasreinigungsanlage wurden vom Personal der Anlage zeitweise vorkommende tieffrequente Geräusche und erhöhte Schwingungen festgestellt, welche maßgeblich im Bereich nach dem Saugzuggebläse auftraten. In diesem Bereich befindet sich u. a. der dampf-beheizte Gasvorwärmer (Rohrbündel-Wärmetauscher), in dem das Rauchgas durch indirekte Wärmeübertragung auf die erforderliche Betriebstemperatur aufgeheizt wird. Da die Intensität der Schwingungen und Geräusche von den Betriebsbedingungen der Anlage abhängig ist, sollte die gesamte Rauchgasreinigungsanlage messtechnisch überprüft werden.

Messablauf

Im Rahmen eines Ortstermins erfolgte die Sichtung der Anlage sowie die Abstimmung der Rahmenbedingungen und Vorbereitungsarbeiten für die Durchführung der Messungen (Anbringung von Messstutzen, Entfernung der Kanalwandisolierungen, etc.). Für die anschließende messtechnische Untersuchung wurden Schwingungssensoren am Rauchgaskanal vor und nach dem Saugzuggebläse sowie am nachfolgenden Rauchgaskanal positioniert. Zudem wurden an ausgewählten Stellen die Druckpulsationen innerhalb des Rauchgaskanals sowie der Luftschall im Außenbereich erfasst (Abb. 1). Die Informationen über Gasmenge und Gastemperatur wurden als analoge Signale über eine Schnittstelle des Prozessleitsystems zur Verfügung gestellt. Für die messtechnische Untersuchung wurden dann gezielt verschiedene Betriebszustände angefahren (z. B. Änderung der Gasmenge und Gastemperatur). Die Messwerte wurden hierbei kontinuierlich erfasst.

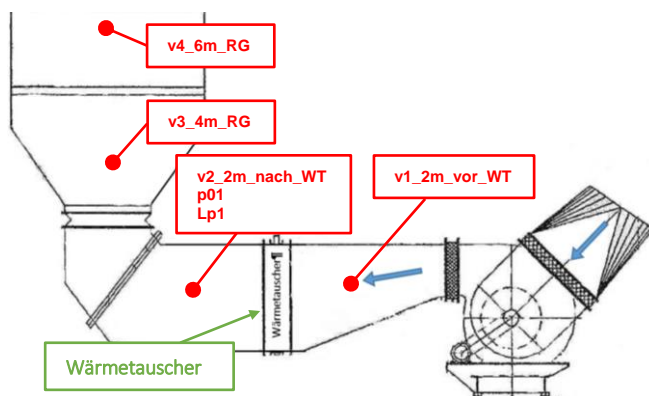


Abb. 1: Messpunktlage am Kanalsystem der Rauchgasreinigungsanlage (Auszug)

Messergebnisse

Bei der Erhöhung der Rauchgasmenge zeigte sich ab ca. 90.000 Nm³/h ein deutlicher Anstieg der Kanalwandschwingungen und Druckpulsationen sowie des Schalldruckpegels direkt nach dem Wärmetauscher (Abb. 2).

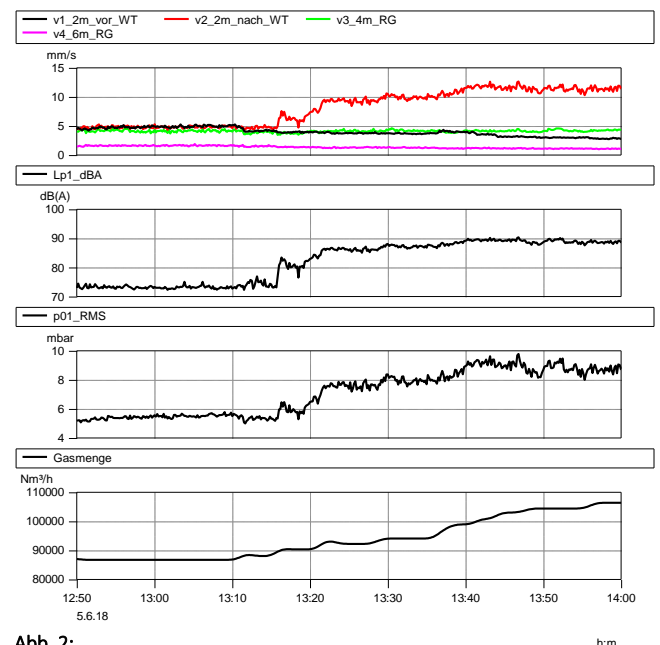


Abb. 2: Verlauf der maßgeblichen Messwerte (Effektivwerte und Mittelwerte). Von oben: Schwingungen, Schalldruckpegel, Druckpulsation, Gasmenge

An den übrigen Messpunkten blieb das Schwingungsniveau an der Kanalwand eher unverändert. Es zeigte sich, dass ab einer Gasmenge von ca. 90.000 Nm³/h eine Frequenz bei ca. $f = 109$ Hz in den Druckpulsationen, dem Schalldruckpegel und den Kanalwandschwingungen zeitgleich auftrat und dass diese Frequenz bei weiterer Gasmengenerhöhung nahezu konstant blieb. Die Intensität der Druckpulsationen, des Schalldrucks und der Schwinggeschwindigkeit nahmen während der Rauchgasmengenerhöhung hingegen zu.

Als Ursache dieses Effekts wurde eine Wirbelablösung an den innenliegenden Rohrbündeln vermutet, die zu einer Resonanzanregung des Kanalsystems führte. Daher wurde in einem ersten Schritt überprüft, ob eine akustische Resonanz (stehende Welle quer zur Strömungsrichtung) im Rauchgaskanal bei dieser Frequenz vorhanden war.

Diese Resonanz ist in erster Linie von der Mediumschallgeschwindigkeit sowie den geometrischen Randbedingungen im Rauchgaskanal abhängig. Aufgrund der geschlossenen Kanalgeometrie können sich nur bestimmte Wellenlängen einstellen ($\lambda/2$, λ , $3\lambda/2$, 2λ etc.). Über die allgemeine Wellengleichung wurde für die Frequenz von ca. $f = 109$ Hz eine Wellenlänge $\lambda/2$ bestimmt, welche der geometrischen Kanalbreite entspricht.

Als nächstes wurde überprüft, ob eine Wirbelablösung an den innenliegenden Rohrbündeln auftreten kann, die zu einer Resonanzanregung des Kanalsystems führt. Unter Berücksichtigung der Rauchgasmenge und -temperatur, dem statischen Druck, der Rohrbündelabmessungen und Rohrbündelanordnung sowie der Strouhalzahl wurde eine Wirbelablösefrequenz von ca. $f = 109$ Hz berechnet.

Die Ursache der bemängelten Situation basiert somit auf einem Zusammentreffen der Wirbelablösefrequenz der Rohrbündel des Wärmetauschers mit der akustischen Resonanzfrequenz des Rauchgaskanals. Dadurch entstehen resonante Druckschwankungen (Pulsationen) im Rauchgaskanal, die zu den überhöhten Schwingungen in diesem Bereich führen. Oft rastet die Wirbelablösefrequenz in die Frequenz der akustischen Resonanz ein und führt dann über einen breiten Lastbereich zu erhöhten Schwingungen ("Lock-in").

Minderungsmaßnahmen

Aufgrund des erhöhten Schwingungsniveaus an den Kanalwänden konnte eine Beschädigung von Bauteilen in diesem Bereich nicht ausgeschlossen werden. Daher wurde die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen vorgeschlagen.

Durch Einbau und korrekte Positionierung eines durchgehenden Trennblechs im Rauchgaskanal im Bereich des Wärmetauschers kann die (akustische) Kanalbreite verändert werden. So kann ein Zusammentreffen von akustischer Resonanz (stehende Welle quer zur Strömungsrichtung) und Wirbelablösefrequenz unterbunden werden.

Fazit

Dieses Phänomen - mit Wirbelablösefrequenz als Erregermechanismus und akustischer Resonanz als Verstärkungsmechanismus - kommt in der Praxis gelegentlich vor. Die Umsetzung der vorgeschlagenen Veränderung der Kanalgeometrie führte zu einer Beseitigung der bemängelten Situation, so dass die Rauchgasreinigungsanlage nun störungsfrei betrieben werden kann.

Wie dieses Beispiel zeigt, kann durch eine umfassende messtechnische Ursachenermittlung der exakte Nachweis der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufgezeigt und auf dieser Grundlage eine wirkungsvolle Minderungsmaßnahme ausgearbeitet werden.

Gerne entwickeln wir mit Ihnen Lösungsansätze auch für Schwingungsprobleme Ihrer Maschinen und Anlagen. Wir begleiten Sie dabei bis ans Ziel. Kontaktieren Sie uns:



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
Materialspannungsanalyse
Laser-Vibrationsmessung
Torsionsschwingungs- und Drehmomentmessung

Technische Akustik

Konstruktionsakustik
Lärminderung
Schallmessungen
Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz
Schalldämpferauslegung
Schwingungsisolierung
Raumakustik
Blockheizkraftwerke
Bühnentechnik

Erschütterungsschutz

Erschütterungsmessung
Erschütterungsprognose
Schwingungsschutz und Fundamentauslegung