

## Vibrationen und Lärm am Kanalsystem einer Abluftanlage durch den Parallelbetrieb von Radialgebläsen

Für eine Produktionsanlage wurde ein Abluftsystem mit drei drehzahlvariablen Radialgebläsen ( $P_{el} = 380 \text{ kW}$ ,  $n = 1.495 \text{ min}^{-1}$ ,  $\dot{V} = 2.200 \text{ m}^3/\text{min}$ ) errichtet. Beim Betrieb der Anlage traten unerwünscht hohe Schwingungen an den Wänden des Kanalsystems auf, so dass es zu Rissen an Schweißnähten und Nietverbindungen kam. Zudem wurden hohe Geräuschpegel bemängelt. Um die Ursache dieser Probleme zu ermitteln und effektive Minderungsmaßnahmen planen zu können, wurde eine umfassende schall- und schwingungstechnische Untersuchung durchgeführt.

Das Abluftsystem ist so ausgelegt, dass die Luft aus unterschiedlich großen und voneinander getrennten Produktionsbereichen abgesaugt werden kann. Die Produktionsbereiche sind über ein Kanalsystem mit einem saugseitigen Sammler verbunden, an dem die Gebläse angeschlossen sind. Die Druckseiten der Gebläse führen in einen gemeinsamen Sammler, von dem die Abluft dann im weiteren Verlauf zu einer Filteranlage gelangt. Aufgrund der festgestellten Schäden und der Lärmentwicklung war das Ziel der nachfolgend beschriebenen messtechnischen Untersuchung, die Ursache der problematischen Situation zu ermitteln sowie Verbesserungsmaßnahmen auszuarbeiten.

### Messkonzept

Zu Beginn der Projektbearbeitung wurde die Gesamtanlage im Rahmen eines Ortstermins gesichtet. Zusammen mit dem Anlagenhersteller wurden die prinzipielle Vorgehensweise der messtechnischen Untersuchung, die Lage der Messpunkte sowie die zu erfolgenden notwendigen Vorbereitungsarbeiten besprochen.

Zu Beginn der Messung wurde die Drucksituation im saug- und druckseitigen Kanalsystem erfasst. Dafür wurde direkt vor und hinter jedem Gebläse eine Ringleitung installiert, um die Druckerhöhung und auch den Volumenstrom zu ermitteln. Über Impulsgeber im Bereich der Gebläsewelle wurde die Drehzahl der Gebläse erfasst. Zudem wurden triaxiale Schwingungssensoren am saug- und druckseitigen Kanalsystem sowie an den Lagerstellen der Gebläse positioniert. Für die zeitsynchrone Aufzeichnung aller Messdaten kam ein Mehrkanal-Messsystem zum Einsatz. Des Weiteren wurden die Daten aus dem Prozessleitsystem durch den Betreiber der Anlage zur Verfügung gestellt.

### Messergebnisse

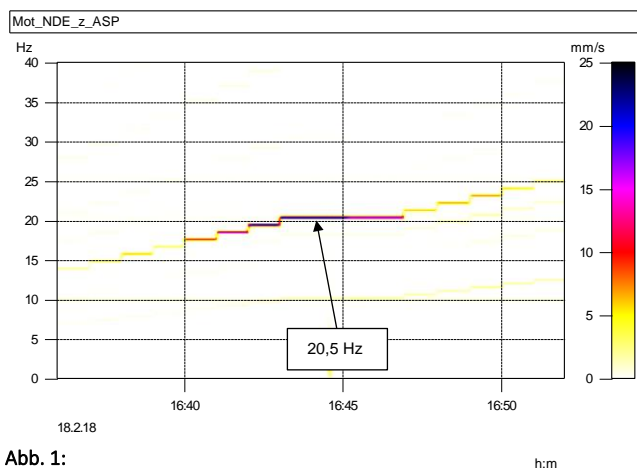
Während der messtechnischen Untersuchung zeigte sich im regulären Parallelbetrieb der Gebläse an den Wänden des druckseitigen Kanalsystems durchweg ein höheres Schwingungsniveau im Vergleich zum saugseitigen Kanalsystem. Durch die vibrierenden Kanalwände entstand zudem ein erhöhter Schalldruckpegel.

Im Rahmen der Ursachenermittlung wurden dann unterschiedliche Versuche durchgeführt. Unter anderem erfolgte die Erfassung der Schwingungs-, Schall- und Druckpulsationsituation während des Parallelbetriebs mit zwei und drei Gebläsen. Auch Änderungen der Gebläsedrehzahl und der Strömungsbedingungen (z. B. durch Androsseln) wurden erfasst. Zudem erfolgte ein Vergleich der vom Hersteller angegebene Gebläsekennlinie mit den messtechnisch ermittelten Daten der Drehzahl und des Volumenstroms. Zur weiteren Untersuchung des erhöhten Schwingungsniveaus am Kanalsystem wurden während des Stillstands der Anlage Eigenfrequenzuntersuchungen an den aus schwingungstechnischer Sicht auffälligen Bereichen durchgeführt.

Die anschließende Analyse der Messergebnisse zeigte, dass eine Verkettung verschiedener Wirkungsmechanismen für die bemängelte Situation verantwortlich ist. Die Auswertung der Messergebnisse ergab zum einen, dass es einen deutlichen Unterschied bei den gemessenen Schwingungen und Druckpulsationen bei dem Betrieb mit zwei oder drei Gebläsen gab. Durchweg war die Anlage im Parallelbetrieb mit zwei Gebläsen deutlich „ruhiger“ als mit drei Gebläsen. Erhöhte Schwingungen, Druckpulsationen und Lärmpegel traten nur im Parallelbetrieb mit drei Gebläsen auf.

Ein Vergleich der Messwerte mit den Werten der Gebläsekennlinie zeigte eine relativ gute Übereinstimmung im Parallelbetrieb mit zwei Gebläsen. Bei Parallelbetrieb der drei Gebläse weichen hingegen die gemessene Druckerhöhung, Leistungsaufnahme sowie der Volumenstrom deutlich von den mit Hilfe der Gebläsekennlinie ermittelten Werten ab. Dies deutet darauf hin, dass in dieser Situation keine stabilen Strömungsbedingungen in den Gebläsen vorhanden sind. Schon geringe saugseitige Druckschwankungen erzeugen dann große Volumenstromänderungen. Durch diese Volumenstromschwankungen wird das angeschlossene Kanalsystem zum Vibrieren angeregt. Die Kanalwände schwingen dabei maßgeblich in ihren strukturmechanischen Eigenfrequenzen, wodurch es zu den bemängelten Schäden und erhöhten Lärmpegeln kommt.

Des Weiteren zeigte sich eine Schwingungserhöhung durch eine Überlagerung der strukturmechanischen Eigenfrequenz der Unterkonstruktion der Gebläse von  $f = 20,5$  Hz mit der Gebläsedrehfrequenz (siehe Abb. 1). Dadurch überschreiten die Lagerbockschwingungen des Gebläses die zulässigen Werte der DIN ISO 10816. Die ermittelten Schwingbewegungen deuten auf eine Verdrehung der Unterkonstruktion hin.



**Abb. 1:**  
Schwingungserhöhung an der Unterkonstruktion der Gebläse aufgrund einer strukturmechanischen Eigenfrequenz

Auf Basis der Untersuchungsergebnisse wurden anschließend prinzipielle Minderungsmaßnahmen zur Verbesserung der bemängelten Schwingungs-, Druckpulsations- und Lärm-situation vorgeschlagen und diskutiert.

### Minderungsmaßnahmen

Zur Verbesserung der Schwingungssituation am Kanalsystem ist es erforderlich, dass die Gebläse in einem stabilen Bereich betrieben werden. Mit dem Hersteller wurden mögliche Optionen hierfür besprochen. Unter anderem wurden die Vor- und Nachteile eines Laufradtausches, der Änderung des Vordralls am Gebläseeintritt sowie des Einsatzes einer Bypassregelung abgeklärt. Als Ziel der Modifikation wurde festgelegt, dass die Gebläse keinen Unterschied in ihrem Nullförderdruck aufweisen. Ansonsten würde ggf. das „schwächere“ Gebläse vom „stärkeren“ Gebläse her rückwärts durchströmt. Bei stabilen Strömungsbedingungen werden große Volumenstromschwankungen vermieden. Dies führt zu einer Reduzierung der Kanalwandschwingungen und der daraus resultierenden Schallabstrahlung.

Zur Minderung der Lagerbockschwingungen wurde vorgeschlagen, die Eigenfrequenz der Unterkonstruktion des Gebläses durch versteifende Maßnahmen zu höheren Frequenzen hin zu verschieben. Die verschiedenen Möglichkeiten hierfür wurden mit dem Auftraggeber diskutiert. Zudem sollten die Gebläse bis zur Umsetzung der entsprechenden Maßnahmen nur in Drehzahlbereichen betrieben werden, die sich außerhalb der strukturmechanischen Eigenfrequenz der Unterkonstruktion befinden.

### Fazit

Das Projektbeispiel zeigt, dass bei einer bemängelten Schall-, Schwingungs- und Druckpulsations-situation oftmals unterschiedliche Wirkungsmechanismen zusammentreffen. Das erschwert häufig die Ursachenfindung. Erst eine umfassende messtechnische Untersuchung ermöglicht, gezielt die Ursache der bemängelten Situation zu ermitteln. Durch genaue Analyse und Vergleich der gesamten Messdaten können dann wirkungsvolle Minderungsmaßnahmen ausgearbeitet werden, um einen sicheren Dauerbetrieb der Gesamtanlage gewährleisten zu können.

Gerne entwickeln wir mit Ihnen Lösungsansätze auch für Schall- und 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  
Lärm-minderung  
Schallmessungen  
Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz  
Schalldämpferauslegung  
Schwingungsisolierung  
Raumakustik  
Blockheizkraftwerke  
Bühnentechnik

### Erschütterungsschutz

Erschütterungsmessung  
Erschütterungsprognose  
Schwingungsschutz und Fundamentauslegung