

## Im Auge des Zyklons

Die verfahrenstechnische Behandlung von Schüttgütern ist im Vergleich zu Gas- und Flüssigkeitsanwendungen im Allgemeinen komplexer. Der Transport der Feststoffe erfolgt hier unter anderem über Vibrationsrinnen, Förderschnecken oder pneumatisch über Fluidrinnen und Trägergase. Dass die Anlagen für die pneumatische Förderung beeindruckende Dimensionen erreichen können, davon durften sich die Ingenieure von KÖTTER Consulting Engineers (KCE) im Rahmen eines aktuellen Projektes überzeugen.

In der angesprochenen Anlage wurde Gestein thermisch behandelt, um organische Bestandteile aus den Sedimenten zu extrahieren. Im Rahmen eines aufwändigen und technologisch anspruchsvollen Prozesses wurden die Sedimente zunächst einem heißen Trägergasstrom übergeben und pneumatisch 60 m vertikal gefördert. Im Anschluss an diese Flugphase – in der das Material getrocknet wird – müssen die Feststoffe aus dem Gasstrom getrennt werden. Dies erfolgt mittels eines gewaltigen Fliehkraftabscheiders (Zyklon). Dieser besitzt einen Durchmesser von über 6 Metern und eine Höhe von 21 Metern.

Im Rahmen der Inbetriebnahme dieser Anlage wurden auffällig erhöhte Schwingungen am sogenannten Dom des Zyklons festgestellt. Erste Messungen durch die Inbetriebnehmer der Anlage ließen Zweifel an der Dauerfestigkeit in diesem Zustand aufkommen. KCE wurde von dem Anlagenbauer zur Beratung hinzugezogen und gemeinsam wurde eine Strategie für das weitere Vorgehen entwickelt.

Es zählt zu unseren Stärken, in einem solchen Fall mit umfangreicher Messtechnik zielgerichtete Messaufbauten auch in Großanlagen sehr kurzfristig zu realisieren. In diesem konkreten Fall wurde ein Großteil des pneumatischen Systems mit speziellen Druckaufnehmern ausgestattet, um mögliche Wirbelablösegebiete zu identifizieren und Druckpulsationen in den Rohrleitungen zu bestimmen. Darüber hinaus wurden in allen relevanten Anlagenbereichen Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer montiert, um Strukturschwingungen zu ermitteln. Insgesamt wurden 40 temporäre Messstellen eingerichtet und mittels ca. 2,5 km Kabel an eine zentrale Datenerfassung angeschlossen. Diese Messkonfiguration erlaubt es, das Anfahren und den Betrieb der Anlage kontinuierlich und mit hoher zeitlicher Abtastung und Auflösung dynamisch zu vermessen.

Damit war es möglich, Betriebszustände und -bedingungen zu ermitteln, in denen reproduzierbar hohe Schwingwerte am Dom des Zyklons auftraten. Auf der Grundlage der Messdaten konnte eine Wirbelablösung innerhalb des Rohrleitungssystems als Erregerquelle identifiziert werden. Mittels einer einfachen Abschätzung konnten nun die aus den Druckpulsationen resultierenden dynamischen Kräfte auf den Zyklon berechnet werden. Die weitere Analyse zeigte, dass diese alleine nicht für die überhöhten Schwingungen verantwortlich sein konnten.

In einem weiteren Schritt wurde deshalb die Strukturmechanik des Abscheiders untersucht. Zu diesem Zweck wurde ein Unwuchterreger montiert und das Resonanzverhalten im Stillstand der Anlage analysiert. Auf diese Weise wurde festgestellt, dass mehrere

STRÖMUNGSTECHNIK

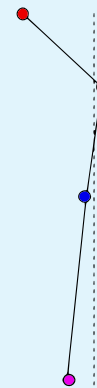
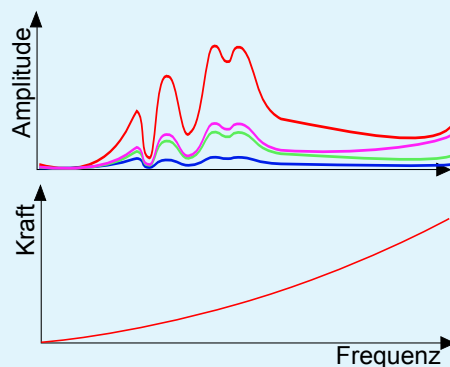
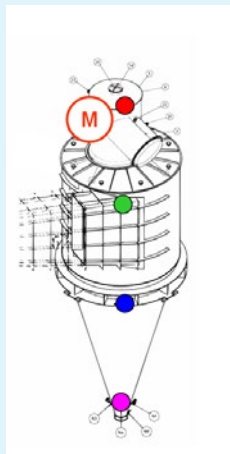
Resonanzfrequenzen ähnlicher Schwingungsform nahe der ermittelten Pulsationsfrequenz vorhanden waren. Eine Resonanzfrequenz bezeichnet eine Frequenz, in der ein schwingfähiges System zu besonders hohen Schwingungsamplituden angeregt werden kann. Die Abbildung zeigt das Übertragungsverhalten und die resultierende Schwingungsform.

Damit war die Wirkungskette bestehend aus Erregung, Übertragung und Verstärkung offengelegt und die Grundlage zur Entwicklung effizienter Minderungsmaßnahmen geschaffen. Ein FEM-Modell des Zyklons wurde erstellt. Der Vergleich des Modells mit den Messergebnissen wies dabei ungewöhnlich deutliche Abweichungen auf. Eine mögliche Ursache dafür können unter anderem schwingungsbedingte Vorschädigungen sein. Tatsächlich wurden bei der nachträglichen Inspektion des Zyklons Risse im Fußbereich des Doms gefunden. Diese wurden saniert und darüber hinaus wurden der Dom und das Dach des Zyklons durch zusätzliche Stahlprofilbleche verstärkt.

Abschließend erfolgte eine messtechnische Kontrolle, bei der die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahmen zunächst mittels einer erneuten Resonanzuntersuchung und anschließend durch eine Betriebsschwingungsmessung bestätigt wurde.

Der erfolgreichen Inbetriebnahme dieser Großanlage stand damit aus schwingungstechnischer Sicht nichts mehr im Wege.

Gerne entwickeln wir mit Ihnen Lösungsansätze auch für die Schwingungsprobleme Ihrer Anlage. Wir begleiten Sie dabei bis ans Ziel. Rufen Sie uns an.



Zyklon mit Lage des Unwuchterregers, Übertragungsverhalten und Resonanzschwingungsform



**Kontakt:**

Dr.-Ing. Christian Jansen  
 Telefon: +49 5971 9710-46  
 c.jansen@koetter-consulting.com