Erhöhte Schwingungen an einer Pumpenanlage gemindert

In einer Kläranlage in Nordrhein-Westfalen wurden die saug- und druckseitigen Schlammleitungen zwischen zwei Faulbehältern erneuert. Nach der Inbetriebnahme der auf einer Zwischenebene positionierten Umwälzpumpen traten erhöhte Rohrleitungs- und Gebäudeschwingungen auf. Es wurden Schäden durch einen Dauerbetrieb der Anlage befürchtet. Um die Mechanismen der beanstandeten Schwingungssituation zu ermitteln und Minderungsmaßnahmen planen zu können, wurde unser Ingenieurbüro mit einer umfassenden schwingungstechnischen Untersuchung beauftragt.

Das etwa 100 Jahre alte Bauwerk zwischen den beiden Faulbehältern beinhaltet u. a. drei Umwälzpumpen, ein komplexes Rohrleitungssystem mit unterschiedlichen Wärmetauschern sowie eine Heizungsanlage. Die Pumpenanlage besteht aus drei drehzahlfesten Umwälzpumpen, von denen zwei dauerhaft betrieben werden, während eine als Reservepumpe dient.

Im Zuge einer Sanierungsmaßnahme sind die Verläufe der saug- und druckseitigen Rohrleitungen konstruktiv geändert sowie die Wärmetauscher neu dimensioniert worden. Ziel der nachfolgend beschriebenen Untersuchung war, die vorhandenen Maschinen-, Rohrleitungs- und Gebäudeschwingungen messtechnisch zu erfassen und zu beurteilen sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Situation auszuarbeiten.

Messkonzept

Im Rahmen eines Ortstermins erfolgte durch das Ingenieurbüro IBW die Sichtung der Anlage sowie die Abstimmung der Rahmenbedingungen für die Durchführung der Messungen. In der anschließenden messtechnischen Untersuchung wurden Schwingungssensoren an den drei Pumpen, den ausgewählten saug- und druckseitigen Rohrleitungsabschnitten sowie an der Geschossdecke positioniert. Zudem wurden die Druckpulsationen innerhalb der Rohrleitungen, die Volumenströme je Förderleitung sowie die Pumpendrehzahlen erfasst (Abb. 1).

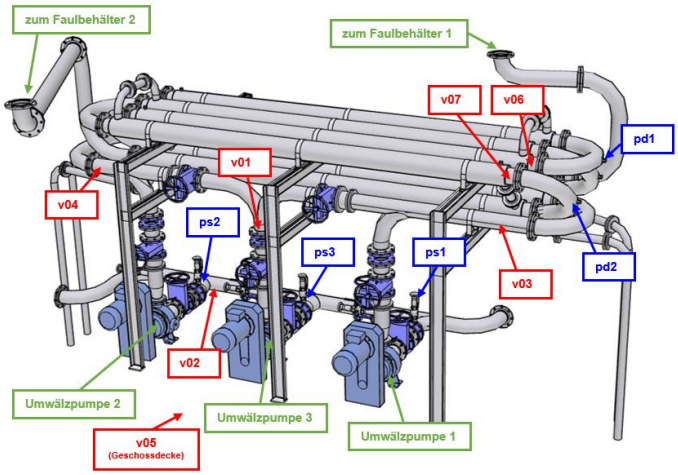

Abb. 1:
Lage der Messpunkte an den Umwälzpumpen und am Rohrleitungssystem

Für die zeitsynchrone Aufzeichnung aller Messdaten kam ein Mehrkanal-Messsystem zum Einsatz. Es wurden verschiedene ergänzende Untersuchungen durchgeführt, wie etwa die Ermittlung und Analyse der Schwingungs- und Druckpulsationssituation bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen der Anlage und die Bestimmung von mechanischen Eigenfrequenzen.

Messergebnisse

Während der Messungen zeigte sich durchweg ein erhöhtes Schwingungsniveau im regulären Parallelbetrieb von zwei Umwälzpumpen. Zudem traten periodisch ansteigende und abfallende Schwingungsamplituden durch die geringe Drehzahldifferenz der Umwälzpumpen auf (Schwebungseffekt). Dies war zum Messzeitpunkt auf der Geschossdecke deutlich spürbar.

Deutlich erhöhte Schwingungen traten in der vertikalen Richtung bei der Drehfrequenz der Umwälzpumpen von ca. 17,5 Hz auf. Diese Frequenz war auch als Druckpulsation im Fördermedium vorhanden.

Zur weiteren Untersuchung des erhöhten Schwingungsniveaus an der Geschossdecke und der Rohrleitung wurden im Stillstand der Anlage Eigenfrequenzuntersuchungen durchgeführt. Hierbei wurden die Geschossdecke und die Rohrleitung nacheinander stoßartig mit einem Impulshammer zu Eigenschwingungen angeregt. Die Anregungskraft sowie das Ausschwingen der Struktur wurden messtechnisch erfasst und die Übertragungsfunktion ermittelt. Es zeigte sich, dass die mechanische Eigenfrequenz der Geschossdecke sowie einiger Rohrleitungsabschnitte in unmittelbarer Nähe zur Drehfrequenz der Umwälzpumpen liegt (Abb. 2).

Demnach wurden die Schwingungen an der Geschossdecke und der Rohrleitung aufgrund der Überlagerung der mechanischen Eigenfrequenzen mit der Drehfrequenz der Umwälzpumpen verursacht (Resonanzfall). Durch diese Überlagerung kam es schon bei geringer Kraftanregung durch den Pumpenbetrieb (Unwucht, Druckpulsationen) zu verstärkten Schwingungsamplituden.

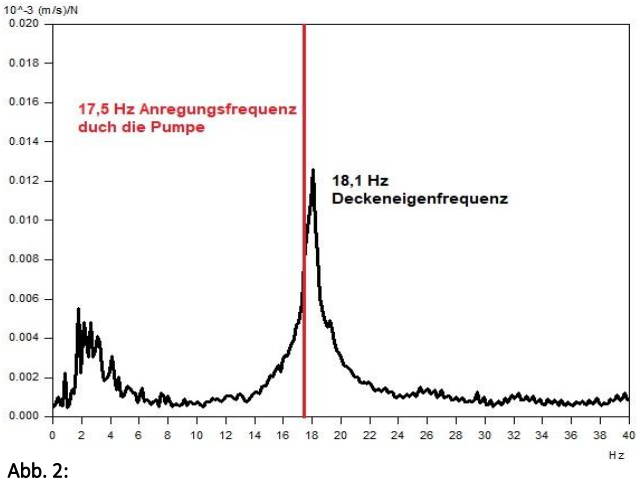

Abb. 2:
Vergleich Pumpendrehfrequenz mit Deckeneigenfrequenz

Die Messergebnisse zeigten, dass die Schwingungsrichtwerte für die Pumpen und Antriebsmotoren sowie für das Gebäude noch eingehalten wurden. Bezüglich der Rohrleitungsschwingungen gab es Überschreitungen des zulässigen Richtwertes, so dass Schäden durch einen Dauerbetrieb der Anlage nicht ausgeschlossen werden konnten. Daher wurden Minderungsmaßnahmen zur Verbesserung der bemängelten Schwingungssituation vorgeschlagen.

Minderungsmaßnahmen

Zur Verbesserung der Schwingungssituation könnte die Anregungskraft reduziert oder der Abstand zwischen der Anregungsfrequenz und der mechanischen Eigenfrequenz vergrößert werden. Folgende Punkte wurden u. a. diskutiert:

- Eine Reduzierung der Drehfrequenz der Pumpen durch den Austausch der Riemenscheiben. Dies hätte jedoch die Förderleistung möglicherweise in unzulässigem Maße beeinträchtigt.
- Eine mechanische Überprüfung aller Pumpen durch den Hersteller oder der Austausch gegen lauf- und pulsationsarme Modelle. Beide Varianten wären mit erheblichen Kosten verbunden gewesen.
- Eine Versteifung der Geschossdecke durch einen vertikalen Träger, um die Eigenfrequenz der Decke zu verändern und damit die Gebäudeschwingungen signifikant zu reduzieren. Allerdings hätte dies auch umfangreiche Versteifungsmaßnahmen am Rohrleitungssystem erforderlich gemacht.

Zielführend wurde eine Maßnahme ausgearbeitet, bei der die Pumpen auf relativ einfache Weise so modifiziert werden konnten, dass eine pulsationsbedingte Anregung des Gesamtsystems vermieden wurde. Dadurch waren die als Schwebung auftretenden Schwingungen der Geschossdecke und Rohrleitungen nach Inbetriebnahme der Pumpen nicht mehr präsent. Dadurch war ein störungsfreier Betrieb der Anlage in allen Betriebsbereichen möglich.

Fazit

Schwingungsprobleme bei Maschinen und Anlagen werden häufig nur symptomatisch behandelt, ohne die eigentlichen Ursachen zu identifizieren. Dies kann zu erheblichen Schäden, Ausfallzeiten und hohen Kosten führen. Das dargestellte Beispiel verdeutlicht, dass durch eine fundierte messtechnische Analyse die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge präzise ermittelt werden können. Auf dieser Grundlage lassen sich wirksame und nachhaltige Minderungsmaßnahmen entwickeln.

Wir unterstützen Sie gerne bei der Lösung von Schwingungsproblemen Ihrer Maschinen und Anlagen – von der Analyse bis zur erfolgreichen Umsetzung. Kontaktieren Sie uns!

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