

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 bemängelten Schwingungssituation zu ermitteln und Minderungsmaßnahmen planen zu können, wurde das Ingenieurbüro IBW mit einer umfassenden schwingungstechnischen Untersuchung beauftragt.

Das ca. 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 und 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).

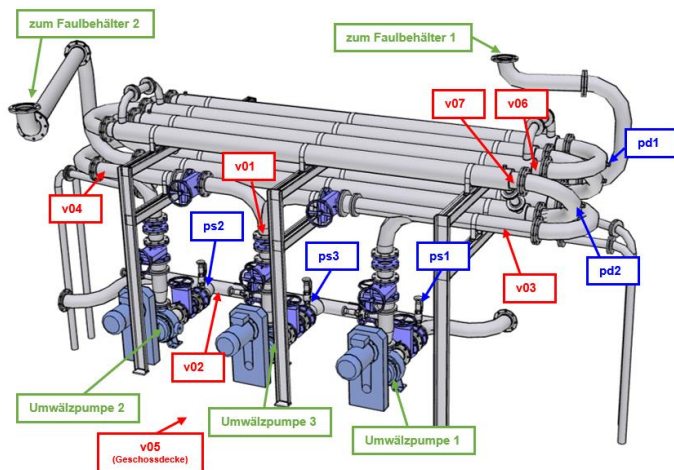


Abb. 1:

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 beispielsweise die Ermittlung der Schwingungs- und Druckpulsationsituation 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 Ausschlagen 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 generiert (Resonanzfall). Durch diese Überlagerung kam es schon bei geringer Kraftanregung durch den Pumpenbetrieb (Unwucht, Druckpulsationen) zu verstärkten Schwingungsamplituden.

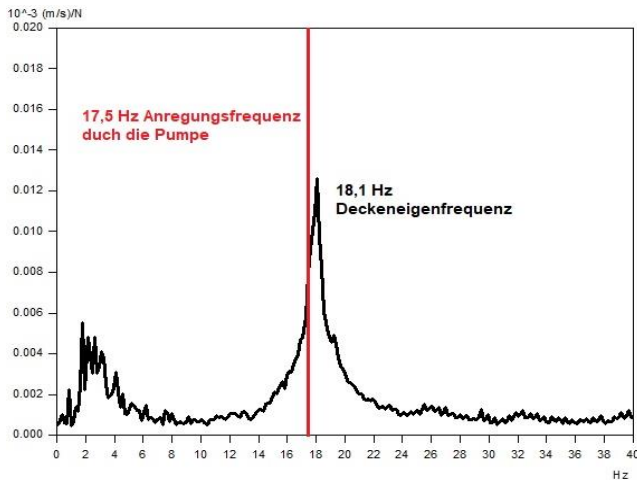


Abb. 2:
Vergleich Pumpendrehfrequenz mit Deckeneigenfrequenz

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 musste die Anregungskraft reduziert oder der Abstand zwischen der Anregungsfrequenz und der mechanischen Eigenfrequenz vergrößert werden.

Eine geringere Drehfrequenz der Pumpen wäre durch einen Tausch der Riemenscheiben möglich, jedoch würde dies ggf. die Fördermenge zu sehr reduzieren. Eine mechanische Überprüfung aller Pumpen seitens des Herstellers oder ein Tausch der vorhandenen Pumpen gegen lauf- und pulsationsarme Pumpen wäre kostenintensiv geworden. Die Versteifung der Geschosdecke durch einen vertikalen Träger hätte zwar die Deckeneigenfrequenz verändert und so die Gebäudeschwingungen deutlich gemindert. Jedoch hätte nachträglich das Rohrleitungssystem aufwändig versteift werden müssen.

Als zielführende und kostengünstige Maßnahme wurde in jede Pumpe ein Freistromlaufrad eingesetzt, um so die pulsationsbedingten Kraftanregungen bei der ersten Drehzahlharmonischen zu vermeiden. Die als Schwebung auftretenden Schwingungen der Geschosdecke und Rohrleitungen waren trotz unveränderten Abstands zwischen Anregungs- und Eigenfrequenz nach Inbetriebnahme der Pumpen nun nicht mehr präsent.

Fazit

Bei auftretenden Schwingungsproblemen an Maschinen und Anlagen werden oft nur die Symptome gemindert, nicht aber die Ursache detektiert. So kann es schnell zu Schäden, Ausfallzeiten und hohen Kosten kommen.

Wie dieses Beispiel zeigt, kann durch eine umfassende messtechnische Ursachenermittlung der exakte Nachweis der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufgezeigt und so 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