Schäden am Rohrleitungssystem durch den Betrieb von Exzenterschneckenpumpen in einem Klärwerk

In einem Klärwerk wurden Exzenterschneckenpumpen eingesetzt, um Schmutzwasser aus den Vorklärbecken weiterzutransportieren. Dabei kam es zeitweise zu so starken Schwingungen im druckseitigen Rohrleitungssystem, dass Rohrleitungshalterungen sich von der Wand lösten und Risse an den Schweißnähten der Rohrleitungen entstanden. Zur Ermittlung der Ursachen wurden umfassende schwingungstechnische Untersuchungen durchgeführt.

Anlagenbeschreibung

Die Abwasserreinigungsanlage verfügt über zwei drehzahlvariable Exzenterschneckenpumpen, die sowohl einzeln als auch parallel betrieben werden können. Die Pumpen sind in einer gemeinsamen Saugleitung angeordnet, die mit einem Steinfang und einem Grobstoffzerkleinerer (Mazerator) ausgestattet ist. Auf der Druckseite jeder Pumpe befinden sich Rückschlagklappen. Beide Pumpen fördern das Medium in eine gemeinsame Druckleitung.

Während des Betriebs traten bei einem hohen Trockensubstanzanteil des Fördermediums erhebliche Schwingungen auf, die zu den beschriebenen Schäden führten. Der Betreiber vermutete das Problem im Bereich der druckseitigen Rohrleitung.

Ziel der Untersuchung war es, die Ursache der Schwingungsanregung zu identifizieren und kurzfristig umsetzbare Minderungsmaßnahmen zu entwickeln, um einen sicheren Dauerbetrieb der Anlage zu gewährleisten.

Abb. 1:
Untersuchte Exzenterschneckenpumpen im Klärwerk

Vorgehensweise und Messkonzept

Zu Beginn des Projekts wurde die Gesamtanlage bei einem Ortstermin begutachtet. Gemeinsam mit dem Betreiber wurden die Vorgehensweise, die Lage der Messpunkte und notwendige Vorbereitungen abgestimmt. Die anschließenden Messungen erfassten sowohl statische als auch dynamische Drücke im saug- und druckseitigen Rohrleitungssystem. Über Impulsgeber an den Antriebswellen wurden die Pumpendrehzahlen gemessen. Triaxiale Schwingungssensoren zeichneten die Schwingungssituation an verschiedenen Punkten des Rohrleitungssystems und an den Pumpenlagern auf. Ein Mehrkanal-Messsystem synchronisierte die Datenaufzeichnung. Zusätzlich wurden Prozessdaten aus dem Leitsystem der Anlage analysiert.

Ergebnisse der Untersuchung

Die messtechnischen Untersuchungen ergaben, dass im Einzelbetrieb der beiden Exzenterschneckenpumpen selbst bei unterschiedlichen Drehzahlen keine auffällig erhöhten Rohrleitungsschwingungen oder Druckpulsationen festgestellt wurden. Im Parallelbetrieb beider Pumpen traten hingegen bereits bei Drehzahlen über 50 % des maximalen Bereichs deutliche Rohrleitungsschwingungen und Druckpulsationen auf. Die Schwingungssignale auf der saugseitigen Rohrleitung blieben dabei unauffällig. Während des Messzeitraums lag der Trockensubstanzgehalt (TS) lediglich zwischen 20 g/l und 30 g/l.

Die druckseitigen Rohrleitungsschwingungen im Parallelbetrieb zeigten sich stoßartig und mit stark variierenden Amplituden. Die Verläufe der Schwinggeschwindigkeiten korrelierten direkt mit den Druckpulsationen, was darauf hinwies, dass die Schwingungen hauptsächlich durch Druckstöße im druckseitigen Rohrleitungssystem verursacht wurden. Diese Druckstöße regten das Rohrleitungssystem an, in seinen mechanischen Eigenfrequenzen zu schwingen.

Bemerkenswert war, dass die hohen Schwingungen und Druckpulsationen trotz des niedrigen TS-Gehalts bei konstanter Fördermenge auftraten. Dies widersprach der Aussage des Betreibers, dass solche Schwingungen nur bei hohem TS-Gehalt aufträten.

IBW Ingenieurbüro Waning
Schall- und Schwingungstechnik

Reiningstraße 21
48653 Coesfeld

Telefon: +49 2541 9281-900
Fax: +49 2541 9281-909

E-Mail: info@ibwaning.de
Internet: www.ibwaning.de

Um eine Verstopfung im Ansaugbereich der Pumpe zu simulieren, wurde die Saugseite während des Einzelbetriebs gedrosselt. Dabei traten die gleichen Effekte wie im vorherigen Parallelbetrieb auf.

Die durch die Druckstöße der Pumpe verursachten Flüssigkeitsschläge regten die Druckleitung bei jeder Umlenkung zum Schwingen an (siehe Beispiel in Abb. 2). Es wurde angenommen, dass diese permanente Belastung die Schäden an den Rohrleitungshalterungen verursacht hatte. Somit entstanden die hohen Schwingungen im druckseitigen Rohrleitungssystem nicht aufgrund von Problemen auf der Druckseite der Pumpenanlage.

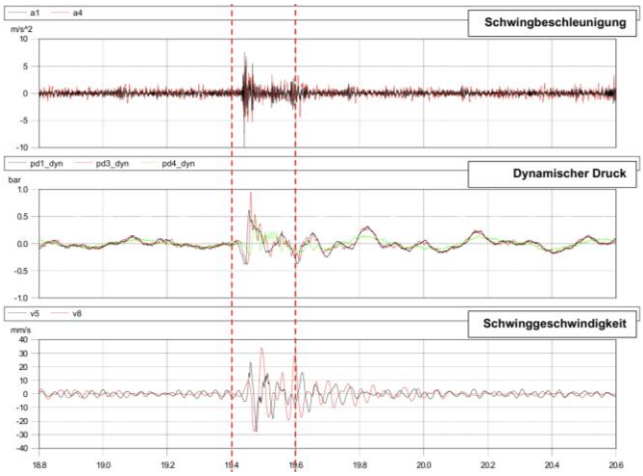

Abb. 2:
Zeitsignale der Schwingbeschleunigung, dynamischen Druckpulsationen und Rohrleitungsschwingungen

Minderungsmaßnahmen

Um die Schwingungsproblematik nachhaltig zu lösen, wurde ein umfassendes Maßnahmenpaket entwickelt. Dieses umfasste sowohl technische als auch organisatorische Ansätze. Zu den zentralen Maßnahmen gehörten:

- Optimierung des Pumpenbetriebs durch Anpassung der Betriebsparameter an die spezifischen Gegebenheiten.
- Anpassung der Rohrleitungskonstruktion zur Vermeidung resonanzkritischer Bereiche.
- Einführung von Überwachungsmechanismen, um Druckpulsationen frühzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Durch die konsequente Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen konnten die Druckschläge in der Pumpenanlage vollständig vermieden werden. Dies führte zu einem störungsfreien Betrieb der Anlage, was nicht nur die Betriebssicherheit, sondern auch die Effizienz und Lebensdauer der betroffenen Komponenten signifikant erhöhte.

Die erfolgreiche Implementierung dieser Maßnahmen unterstreicht die Bedeutung einer systematischen Herangehensweise, bei der die Wechselwirkungen zwischen Komponenten und Betriebsbedingungen ganzheitlich betrachtet werden.

Fazit

Das Projektbeispiel zeigt, dass die Ursache einer bemängelten Schwingungssituation nicht immer in dem Bereich zu finden ist, in dem die Schwingungseffekte auftreten. Durch eine umfassende messtechnische Untersuchung kann gezielt die Ursache der problematischen Situation ermittelt werden. Auf Basis dieser Informationen können dann wirkungsvolle Minderungsmaßnahmen ausgearbeitet werden, um einen sicheren Dauerbetrieb der Gesamtanlage zu gewährleisten.

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
- Torsionsschwingungs- und Drehmomentmessung

Technische Akustik

- Konstruktionsakustik
- Lärmminderung
- Schallmessungen
- Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz
- Schalldämpferauslegung
- Raumakustik

Erschütterungsschutz

- Erschütterungsmessung
- Erschütterungsprognose
- Schwingungsschutz und Fundamentauslegung