

Schäden am Rohrleitungssystem durch den Betrieb von Exzentrerschneckenpumpen in einem Klärwerk

Für den Weitertransport von Schmutzwasser aus den Vorklärbecken wurden in einem Klärwerk Exzentrerschneckenpumpen verwendet. Beim Betrieb der Anlage traten zeitweise so hohe Schwingungen am druckseitigen Rohrleitungssystem der Anlage auf, dass sich Rohrleitungshalterungen von der Wand lösten und Risse an den Schweißnähten der Rohrleitung entstanden. Zur Ursachenermittlung wurden umfassende schwingungstechnische Untersuchungen durchgeführt.

In einer Abwasserreinigungsanlage sind zwei drehzahlvariable Exzentrerschneckenpumpen als Primärschlammumpen eingesetzt, die im Einzel- und Parallelbetrieb gefahren werden können (siehe Abb. 1). In der gemeinsamen Saugleitung ist den Pumpen ein Steinfang sowie ein Grobstoffzerkleinerer (Mazerator) vorgeschaltet. Auf der Druckseite befinden sich nach jeder Pumpe Rückschlagklappen. Die beiden Pumpen befördern das Medium in eine gemeinsame Druckleitung.

Während des Betriebs der Pumpen traten an der druckseitigen Schlammlleitung bei einem hohen Trockensubstanzanteil im Fördermedium zeitweise so hohe Schwingungen auf, dass Schäden am Rohrleitungssystem entstanden sind. Vom Anlagenbetreiber wurde ein Problem im Bereich der druckseitigen Rohrleitung vermutet. Auf Basis einer messtechnischen Schwingungs- und Druckpulsationsuntersuchung sollte die Ursache der Schwingungsanregung detektiert werden. Ziel war die Ausarbeitung von kurzfristig umsetzbaren Minderungsmaßnahmen, um einen sicheren Dauerbetrieb der Gesamtanlage zu gewährleisten.



Abb. 1:
Untersuchte Exzentrerschneckenpumpen im Klärwerk

Messkonzept

Zu Beginn der Projektbearbeitung wurde die Gesamtanlage im Rahmen eines Ortstermins gesichtet. Hierbei wurden zusammen mit dem Betreiber die prinzipielle Vorgehensweise bei der messtechnischen Untersuchung, die Lage der Messpunkte sowie die umzusetzenden Vorbereitungsarbeiten besprochen.

Bei der anschließenden Messung wurden dann die statischen und dynamischen Drücke im saug- und druckseitigen Rohrleitungssystem erfasst. Über Impulsgeber im Bereich der Antriebswelle wurde die Drehzahl der Pumpen erfasst. Zudem erfolgte die Erfassung der Schwingungssituation durch triaxiale Schwingungssensoren am saug- und druckseitigen Rohrleitungssystem sowie an den Lagerstellen der Pumpen. 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

Die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen zeigten, dass beim Einzelbetrieb der beiden Exzentrerschneckenpumpen auch mit unterschiedlichen Drehzahlen keine auffällig erhöhten Rohrleitungsschwingungen und Druckpulsationen vorhanden waren. Im Parallelbetrieb beider Exzentrerschneckenpumpen traten schon bei Drehzahlen oberhalb von 50 % des Drehzahlbereichs hohe Rohrleitungsschwingungen und Druckpulsationen auf. Die Schwingungssignale an der saugseitigen Rohrleitung zeigten keine auffälligen Schwingungserhöhungen. Der Trockensubstanzgehalt (TS) lag im Messzeitraum jedoch nur zwischen 20 g/l und 30 g/l.

Die im Parallelbetrieb vorhandenen druckseitigen Rohrleitungsschwingungen traten stoßartig und mit stark unterschiedlichen Amplituden auf. Der Verlauf der Schwingungsgeschwindigkeiten korrelierte mit dem Verlauf der Druckpulsationen. Dies ließ darauf schließen, dass die Schwingungen vorrangig durch Druckstöße im druckseitigen Rohrleitungssystem verursacht wurden. Die Druckstöße regten das Rohrleitungssystem primär zum Schwingen in seinen mechanischen Eigenfrequenzen an.

Die hohen Schwingungen und Druckpulsationen traten auf, obwohl der TS-Gehalt bei gleichbleibender Fördermenge gering war. Dies widerspricht den Informationen des Betreibers, dass die hohen Rohrleitungsschwingungen nur bei hohem TS-Gehalt auftreten.

Durch Androsseln der Saugseite wurde eine zunehmende Verstopfung im Ansaugbereich während des Einzelbetriebs der Pumpe simuliert. Hierbei traten die gleichen Effekte wie im vorherigen Parallelbetrieb auf. Die Signalverläufe der an der Pumpe befestigten Schwingbeschleunigungssensoren deuteten darauf hin, dass ein Kavitationsproblem vorhanden ist.

Als Ursache hierfür wird angenommen, dass das Medium im Ansaugbereich z. B. aufgrund einer Verstopfung nicht schnell genug nachströmen kann. Hierbei entsteht in der Saugleitung ein unzulässig hoher Unterdruck, da die Förderleistung der Verdrängerpumpe höher liegt. Auf der Druckseite der Pumpe kommt es dann wieder zur Druckanpassung und dadurch zu den Kavitationseffekten, wodurch hohe Drücke und Schwingbeschleunigungen entstehen können. Exzentrerschneckenpumpen fördern zwar gut Flüssigkeiten mit hohen Feststoffanteilen, jedoch darf der Ansaugbereich nicht versperert sein. Es ist vorstellbar, dass ein hoher TS-Anteil auf der Saugseite einen größeren Widerstand darstellt, der dann dazu führt, dass in der Saugleitung ein zu hoher Unterdruck entsteht.

Die durch die Kavitation erzeugten Druckstöße generieren Flüssigkeitsschläge, welche die Druckleitung bei jeder Umlenkung zum Schwingen anregen. Es kann davon ausgegangen werden, dass es aufgrund dieser permanenten Belastung zu den aufgetretenen Schäden an den Rohrleitungshalterungen gekommen ist. Die hohen Schwingungen des druckseitigen Rohrleitungssystems entstehen somit nicht aufgrund von Problemen auf der Druckseite der Pumpenanlage.

Minderungsmaßnahmen

Zur Verbesserung der Schwingungssituation muss gewährleistet sein, dass das Fördermedium ungehindert zur Eintrittsseite der Pumpe strömen kann. Daher wurde als primäre Maßnahme die Überprüfung empfohlen, ob die Saugleitung komplett frei ist oder ob Querschnittsverengungen oder Verstopfungen vorhanden sind (z. B. im Grobstoffzerkleinerer oder im Steinfang).

Es sollte zudem sichergestellt sein, dass die saugseitig vorhandenen Anlagenkomponenten ausreichend groß dimensioniert sind, damit bei erhöhtem TS-Gehalt im Fördermedium kein unzulässig hoher Strömungswiderstand entsteht.

Weiter wurde eine zusätzliche Durchspülung der Trichter der Vorklärbecken empfohlen. Dadurch können größere Feststoffansammlungen im Trichter aufgelockert und so der Widerstand im Bereich des Ansaugrohres verringert werden. Auch ein Tausch der Exzentrerschneckenpumpen gegen einen anderen Pumpentyp könnte diskutiert werden (z. B. Schlauchpumpen, Drehkolbenpumpen, etc.).

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
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