Erhöhte Betriebsschwingungen einer Vertikalpumpe

An einer drehzahlvariablen Vertikalpumpe traten nach einem Motorwechsel erhöhte Schwingungen auf. Eine vom Betreiber veranlasste Unwuchtmessung mit anschließender Auswuchtung führte nur zu einer geringfügigen Verbesserung der Schwingungssituation. Weitere Überprüfungen (Ausrichtung, Rundlauffehler etc.) brachten keine markante Schwingungsminderung. Daher wurde eine messtechnische Ursachenanalyse mit Ausarbeitung von Minderungsmaßnahmen durchgeführt.

Nach einem Motorschaden musste bei einer vertikal aufgestellten Pumpe ein Antriebsmotor mit vergleichbaren Kenndaten eingesetzt werden, damit die Anlage vorerst weiter betrieben werden konnte. Mit einem Motorgewicht von 2.970 kg war dieser um ca. 300 kg schwerer als der Vorgänger. Die einstufige Pumpe ist drehzahlvariabel und kann bis zu einer Drehzahl von 1.500 min^{-1} betrieben werden. Nach der Inbetriebnahme wurden vorrangig im Nenndrehzahlbereich stark erhöhte Betriebsschwingungen festgestellt.

Messkonzept

Zur Ursachenanalyse wurden Messsensoren zur Erfassung der Schwinggeschwindigkeiten im Bereich der Fundamentbefestigung (Mp01), der Motorbefestigung (Mp02) und am Antriebsmotor (Mp03) positioniert (Abbildung 1). Zudem wurde die Drehzahl an der Antriebswelle oberhalb der Kupplung erfasst. Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte mit einem Mehrkanal-Messsystem.

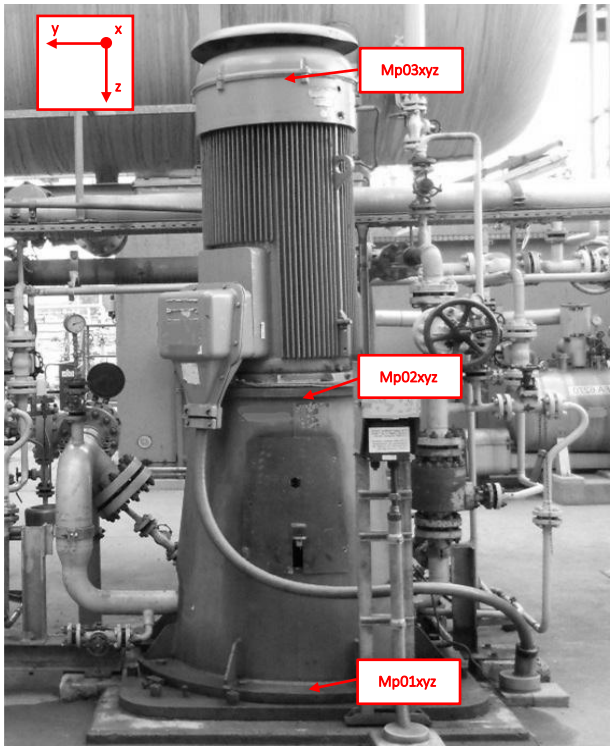

Abb. 1:
Lage der Messpunkte an der Vertikalpumpe (Beispielfoto)

Messergebnisse

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit je Messpunkt zusammen mit der Wellendrehzahl während des Hochlaufs der Pumpe. Ab einer Drehfrequenz von 23 Hz nahmen die Schwingungen am Antriebsmotor (Mp03) deutlich zu. Das Schwingungsniveau blieb bis zum Erreichen der maximalen Drehfrequenz von 25 Hz erhöht (siehe Abbildung 2). Dagegen waren die Schwinggeschwindigkeiten am Gehäuse gering. Die zulässigen Richtwerte für Schwingungen des starr mit dem Gehäuse verbundenen Antriebsmotors wurden deutlich überschritten. Bei einem Dauerbetrieb des Motors ist daher mit schwingungsbedingten Schäden zu rechnen.

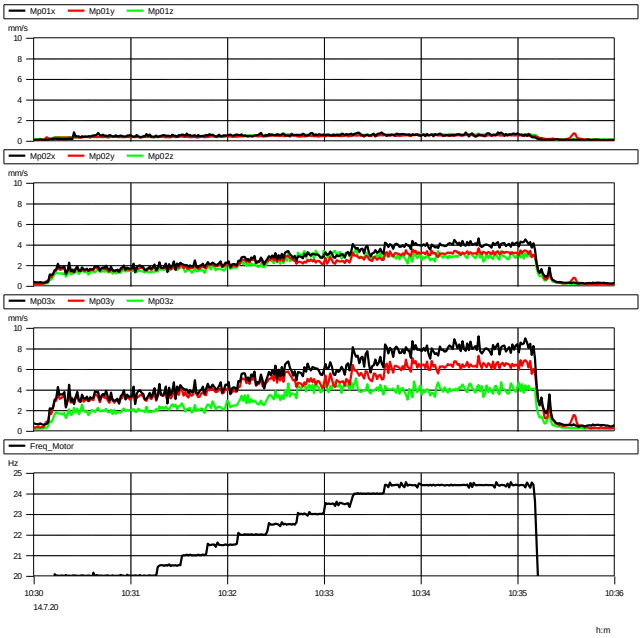

Abb. 2:
Verlauf der Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit je Messpunkt und Schwingrichtung zusammen mit der Drehfrequenz

Aus dieser Messreihe zeigt Abbildung 3 die Schwingfrequenz der am Antriebsmotor erfassten maximalen Schwinggeschwindigkeiten während der Drehzahlerhöhung. Die Hauptfrequenz der bemängelten Schwingungen passt mit der Antriebsfrequenz überein.

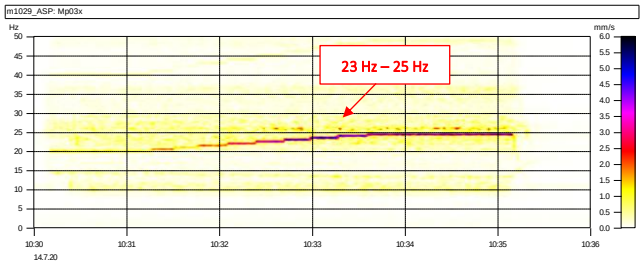

Abb. 3:
Frequenz der am Antriebsmotor in horizontaler Richtung gemessenen Schwinggeschwindigkeit während der Drehzahlerhöhung

Die Auswertung der anschließend durchgeführten Eigenfrequenzuntersuchung ergab das Vorhandensein einer mechanischen Eigenfrequenz von 21,5 Hz (Abbildung 4). Diese Frequenz ist geringer als der vorab detektierte Frequenzbereich von 23 Hz bis 25 Hz. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Pumpengehäuse aus dynamischer Sicht zu weich und schwach bedämpft ist. Zudem hat sich die mechanische Eigenfrequenz durch den schwereren Motor verändert. Durch die Belastung der Gesamtanlage beim Pumpenbetrieb kommt es zu einer Versteifung der Gesamtanlage, wodurch sich die mechanische Eigenfrequenz gering verschiebt. Bei Überlagerung der Eigenfrequenz mit der Antriebsfrequenz entstehen dann erhöhte Resonanzschwingungen.

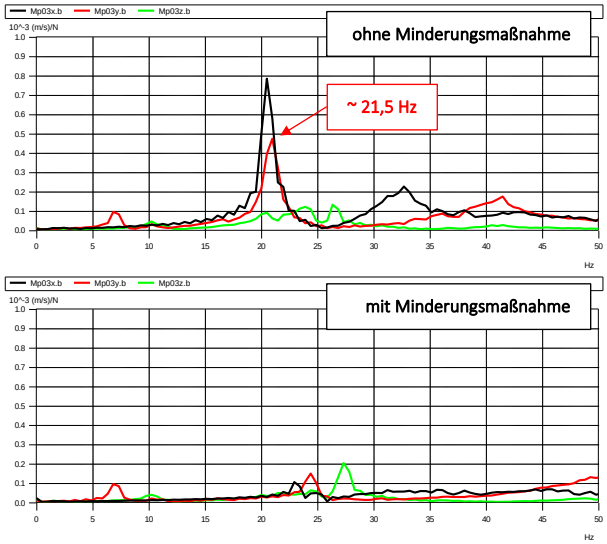

Abb. 4:
Ermittelte mechanische Eigenfrequenzen am Antriebsmotor (Mp03)
oben: ohne Minderungsmaßnahme
unten: mit Minderungsmaßnahme (provisorische Versteifung)

Minderungsmaßnahmen

Zur Verbesserung der Schwingungssituation wurde vorgeschlagen, das Pumpengehäuse zu versteifen. Damit die Anlage übergangsweise weiter betrieben werden konnte, wurde der Motor provisorisch in horizontaler Richtung fixiert. Die anschließend durchgeführte Eigenfrequenzermittlung zeigte eine deutliche Verbesserung gegenüber der ursprünglichen Situation (Abbildung 4). Die Motorschwingungen konnten durch diese Maßnahme erheblich reduziert werden.

Fazit

Wie dieses Beispiel zeigt, kann durch eine umfassende messtechnische Ursachenanalyse der exakte Nachweis der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufgezeigt und so eine wirkungsvolle Minderungsmaßnahme ausgearbeitet werden. Nach fachlich korrekter Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen sollten aus schwingungstechnischer Sicht keine Bedenken mehr gegen einen Dauerbetrieb der Pumpe bestehen.

Gerne entwickeln wir mit Ihnen Lösungsansätze auch für Schwingungsprobleme Ihrer Maschinen und Anlagen. Wir begleiten Sie dabei bis ans Ziel.

Weitere Informationen zu diesen Themen finden Sie auf unserer neu gestalteten Homepage.

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