Effektive Lösungen zur Minderung von Schwingungen durch Vibrationsrinnen auf einer Stahlbaukonstruktion

In einem Gewerbebetriebsgebäude wurden mehrere Vibrationsrinnen auf einer Geschossdecke installiert, um ein Produkt zu mischen und weiterzuleiten. Während des Betriebs der drehzahlvariablen Vibrationsrinnen wurden erhöhte Schwingungen an der Decke sowie am Gebäude festgestellt. Um Schäden an der Anlage und dem Gebäude zu verhindern und die Gesundheit der Mitarbeiter nicht durch übermäßige Schwingungsbelastungen zu gefährden, sollte die Ursache der Schwingungen messtechnisch ermittelt werden. Zudem waren praktikable Maßnahmen zur Minderung der Schwingungen zu entwickeln.

Die Vibrationsrinnen wurden in der ersten Etage eines gewerblich genutzten Gebäudes betrieben, welches auf einer etwa 100 m² großen Stahlträger-Geschossdecke mit aufgelegten Gitterrosten steht. Die Vibrationsrinnen sind so positioniert, dass ihre Stützpunkte direkt auf den massiven Stahlträgern befestigt sind. Zwischen den Grundrahmen der Rinnen und den Rinnen selbst befinden sich Stahlfederpakete. Angetrieben werden die Rinnen durch drehzahlvariable Unwuchtmotoren, die unterhalb der Rinnen montiert sind. Die Drehzahl jedes Unwuchtmotors kann für jedes Produkt separat eingestellt werden (Drehzahlbereich von 0 % bis 100 %).

Messkonzept

Zur Erfassung der Schwingungssituation der Geschossdecke wurden Messsensoren unterhalb der etwa 6 m hohen Stahlträgerdecke angebracht. Zudem wurden Schwinggeschwindigkeitssensoren an den Vibrationsrinnen sowie am Gebäude positioniert. Die Drehzahl der Unwuchtmotoren wurde mit Trigger-Sensoren erfasst. Alle Signale wurden synchron mit einem mehrkanaligen Messdatenerfassungssystem aufgezeichnet.

Messergebnisse

Zur Analyse der Schwingungssituation wurde die Drehzahlvorgabe der Unwuchtmotoren stufenweise von 100 % (f = 11,7 Hz) auf 0 % (f = 7,7 Hz) verringert. Die Wuchtgewichte der Unwuchtmotoren waren aufgrund der Produktionsanforderungen bereits auf die maximal mögliche Unwuchtkraft eingestellt.

Mit der Reduzierung der Drehzahl zeigte sich ein Anstieg des Schwingungsniveaus bis zu einer Drehzahlvorgabe von 55 % (entsprechend einer Drehfrequenz von 9,9 Hz). Am Deckenfeld traten Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit von bis zu 18 mm/s auf. Die Schwingungen waren insbesondere in der Nähe der Vibrationsrinnen deutlich spürbar, und durch die klappernden Gitterroste kam es zu erhöhten Geräuschentwicklungen. Eine weitere Verringerung der Drehzahl führte zu einer Minderung der gemessenen Schwinggeschwindigkeit (siehe Abb. 1).

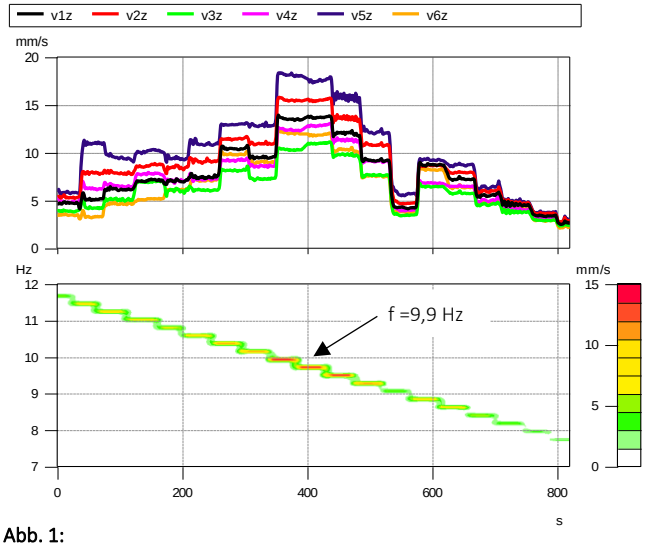

Abb. 1:
Verlauf der Effektivwerte der gemessenen Schwinggeschwindigkeit (oben) sowie der Schwingfrequenz des Messpunktes v5z (unten)

Im Anschluss an die messtechnische Untersuchung wurde das dynamische Verhalten des Stahlbaus mithilfe einer FEM-Berechnung ermittelt. Abbildung 2 zeigt die mechanische Eigenfrequenz des Stahlbaus bei 9,9 Hz, wobei maximale Verformungen in Rot markiert sind.

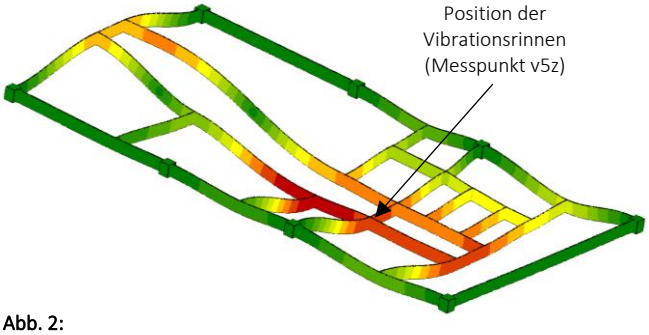

Abb. 2:
FEM-Darstellung der Deckenfeld-Eigenform bei f = 9,9 Hz

Die Berechnung ergab, dass das Deckenfeld unterhalb der Vibrationsrinnen eine Eigenfrequenz von 9,9 Hz hatte. Beim Betrieb der Vibrationsrinnen kam es daher zu einer Überlagerung der Anregungsfrequenz mit der Eigenfrequenz der

Geschossdecke, was zu erhöhten Schwingungen (Resonanz) führte. Die höchsten Schwingungsamplituden traten vorrangig lokal im Bereich der Vibrationsrinnen auf.

Die gemessenen Schwingungen am Gebäude waren jedoch gering und lagen deutlich unter den zulässigen Grenzwerten. Aufgrund der intensiven Stahlbauschwingungen, der Lärmbelastung und der Vibrationseinwirkung auf die Mitarbeiter wurde die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen empfohlen.

Minderungsmaßnahmen

Eine Aussteifung des Deckenfeldes durch eine Änderung der Stahlträger oder durch vertikale Stützen war konstruktiv nicht umsetzbar. Daher wurde empfohlen, die Vibrationsrinnen jeweils auf einer zusätzlichen, schwingungsentkoppelten Sperrmasse (Zweimassenschwinger) zu positionieren. Diese Maßnahme hatte sich bereits bei ähnlichen Projekten als sehr effektiv erwiesen. Abbildung 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer solchen doppelten Schwingungsisolierung.

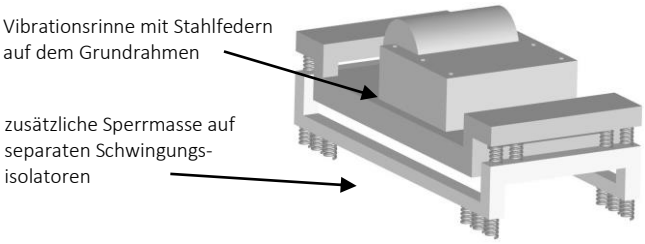

Abb. 3:
Prinzipskizze der Vibrationsrinnen-Aufstellung als Zweimassenschwinger

Vor der Umsetzung der Maßnahme wurden die erforderliche Sperrmasse sowie die Federsteifigkeit und Dämpfung der Schwingungsisolatoren berechnet.

Nach der Umrüstung der Anlage wurde die Schwingungssituation am Stahlbau während der Inbetriebnahme erneut messtechnisch erfasst. Analog zur vorherigen Messung wurde die Drehzahlvorgabe der Unwuchtmotoren stufenweise von 100 % auf 0 % reduziert. Dabei zeigte sich eine deutliche Minderung der Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit von 18 mm/s auf 2 mm/s (siehe Abb. 4). Der zulässige Anhaltswert wurde nun eingehalten.

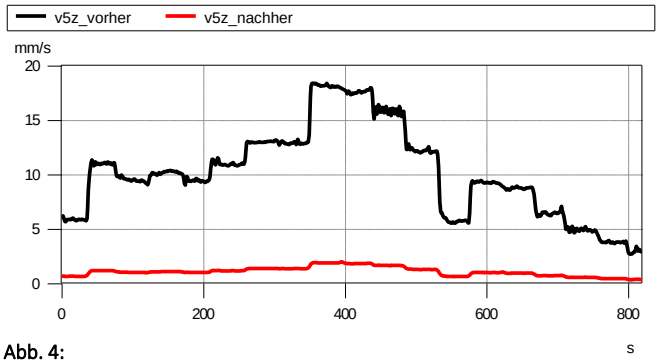

Abb. 4:
Vergleich der Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit am Stahlbau an Messpunkt v5z ohne („schwarz“) und mit Minderungsmaßnahme („rot“)

Fazit

Wie dieses Beispiel zeigt, lässt sich auch bei bestehenden Anlagen eine Lösung finden, wenn die Eigenschaften und Zusammenhänge der Anlage durch eine umfassende messtechnische Bestandsaufnahme überprüft werden. Nur so können die Probleme erkannt und zielgerichtete Maßnahmen zur Minderung ergriffen werden.

Stehen Sie vor einer ähnlichen Aufgabenstellung? Gerne entwickeln wir für Sie maßgeschneiderte Lösungen bei Schwingungsproblemen an Ihren Maschinen und Anlagen. Nehmen Sie gerne Kontakt mit uns auf.

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