

Maßnahmen zur Minderung der durch eine Rüttelrinne erzeugten Schwingungen an einem Stahlbau

Im Gebäude eines Gewerbebetriebs wurde eine Rüttelrinne zur Durchmischung und Weiterleitung eines Produktes auf einer Geschosdecke positioniert. Während des Betriebs der drehzahlvariablen Rüttelrinne wurden erhöhte Schwingungen an der Geschosdecke und am Gebäude festgestellt. Um Schäden an Anlage und Gebäude zu verhindern und die Gesundheit der Mitarbeiter nicht durch unzulässig hohe Schwingungsbelastungen zu gefährden, sollte die Ursache der bemängelten Schwingungssituation messtechnisch ermittelt werden. Des Weiteren waren praktikable Minderungsmaßnahmen vorzuschlagen.

Die Rüttelrinne wird in der ersten Etage eines gewerblich genutzten Gebäudes betrieben. Diese steht auf einer ca. 100 m² großen Geschosdecke, einer Stahlträgerkonstruktion mit aufgelegten Gitterrosten. Die Rüttelrinne ist so positioniert, dass deren vier Fußpunkte direkt auf den massiven Stahlträgern befestigt sind. Zwischen dem Grundrahmen und der Rinne befinden sich Stahlfederpakete. Die Rinne wird durch einen drehzahlvariablen Unwuchtmotor, der unterhalb der Rinne angebracht ist, zum Schwingen angeregt. Die Drehzahl des Unwuchtmotors kann für jedes geförderte Produkt separat eingestellt werden (Drehzahlbereich 0 % bis 100 %).

Messkonzept

Um die Schwingungssituation der Geschosdecke erfassen zu können, wurden die Messsensoren unterhalb der 6 m hohen Stahlträgerdecke positioniert. Zudem wurden Schwinggeschwindigkeitssensoren an der Rüttelrinne sowie am Gebäude angebracht. Die Erfassung der Drehzahl des Unwuchtmotors erfolgte mit einem Trigger-Sensor. Alle Signale wurden mit einem mehrkanaligen Messdatenerfassungssystem zeitsynchron erfasst.

Messergebnisse

Zur Erfassung der Schwingungssituation wurde die Drehzahlvorgabe des Unwuchtmotors stufenweise von 100 % (entspricht 11,7 Hz Drehfrequenz) auf 0 % (entspricht 7,7 Hz Drehfrequenz) reduziert. Die Wuchtgewichte des Unwuchtmotors waren produktionsbedingt schon auf die maximal mögliche Unwuchtkraft eingestellt.

Bei der Reduzierung der Drehzahlvorgabe zeigte sich ein Anstieg des Schwingungsniveaus bis zu einer Drehzahlvorgabe von 55 % (entspricht der Drehfrequenz von $f = 9,9$ Hz). Am Deckenfeld traten Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeiten bis $v = 18$ mm/s auf. Die Schwingungen waren im Bereich der Rüttelrinne deutlich spürbar. Dazu kam es aufgrund der klappernden Gitterroste zu erhöhten Geräuschentwicklungen. Die weitere Verringerung der Drehzahlvorgabe führte zu einer Minderung der gemessenen Schwinggeschwindigkeit (siehe Abb. 1).

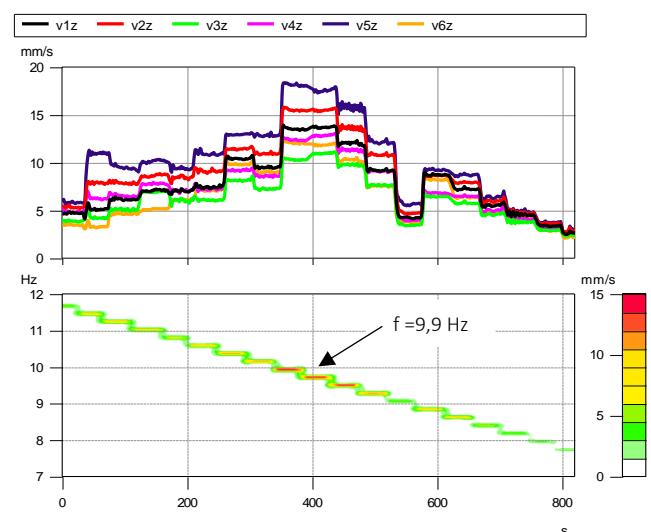


Abb. 1:

Verlauf der Effektivwerte der gemessenen Schwinggeschwindigkeit (oben) sowie der Schwingfrequenz des Messpunktes v5z (unten)

Im Nachgang zur messtechnischen Untersuchung wurde das dynamische Verhalten des Stahlbaus durch eine FEM-Berechnung bestimmt. Abb. 2 zeigt die mechanische Eigenfrequenz des Stahlbaus bei $f = 9,9$ Hz. Hierbei sind maximale Verformungen in „rot“ gekennzeichnet.

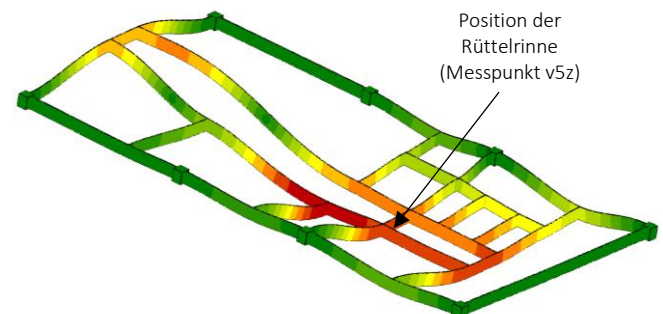


Abb. 2:

FEM-Darstellung der Deckenfeld-Eigenform bei $f = 9,9$ Hz

Die Berechnung zeigte, dass das Deckenfeld unterhalb der Rüttelrinne eine Eigenfrequenz bei $f = 9,9$ Hz hatte. Daher kam es beim Betrieb der Rüttelrinne zu einer Überlagerung der Anregungsfrequenz mit der Eigenfrequenz der

Geschossdecke, wodurch erhöhte Schwingungen auftraten (Resonanzfall). Die maximalen Schwingungsamplituden traten vorrangig lokal auf der Geschossdecke im Bereich der Rüttelrinne auf.

Die gemessenen Gebäudeschwingungen waren dagegen gering und lagen deutlich unterhalb der zulässigen Anhaltswerte. Aufgrund der hohen Stahlbauschwingungen, der Lärmbelastung und der Vibrationseinwirkung auf die Mitarbeiter wurde die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen empfohlen.

Minderungsmaßnahmen

Eine Aussteifung des Deckenfeldes durch Änderung der Stahlträger oder durch vertikale Stützen war konstruktiv nicht umsetzbar. Daher wurde die Positionierung der Rüttelrinne auf einer zusätzlichen schwingungsentkoppelten Sperrmasse empfohlen (Zweimassenschwinger). Diese Maßnahme zeigte schon bei Projekten ähnlicher Aufgabenstellung sehr gute Wirkung. Die folgende Abbildung stellt den prinzipiellen Aufbau einer solchen doppelten Schwingungsisolierung dar.

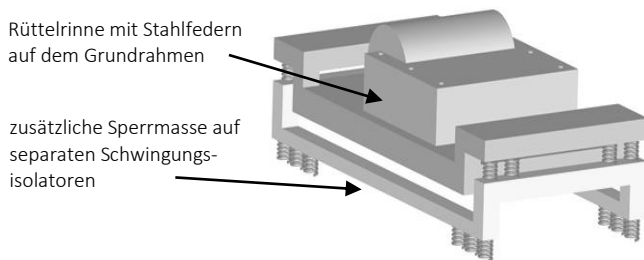


Abb. 3: Prinzipskizze der Rüttelrinnen-Aufstellung als Zweimassenschwinger

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

Nach dem Umbau der Anlage wurde die Schwingungssituation am Stahlbau während der Inbetriebnahme messtechnisch erfasst. Analog zur vorausgegangenen Messung wurde die Drehzahlvorgabe des Unwuchtmotors stufenweise von 100 % bis 0 % reduziert. Hierbei zeigte sich eine deutliche Minderung der Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit von vorher $v = 18 \text{ mm/s}$ auf $v = 2 \text{ mm/s}$ (siehe Abb. 4). Der zulässige Anhaltswert wurde eingehalten.

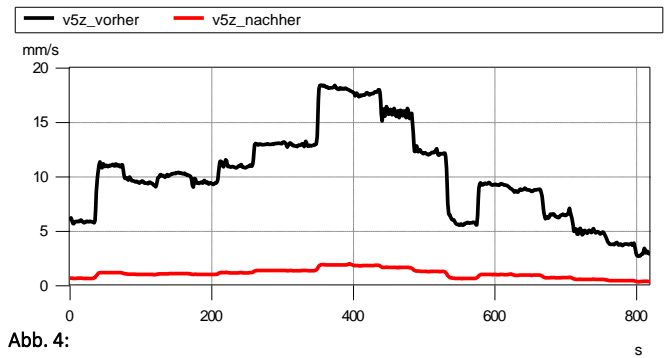


Abb. 4: Vergleich der Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit am Stahlbau an Messpunkt v5z ohne („schwarz“) und mit Minderungsmaßnahme („rot“)

Fazit

Wie dieses Beispiel zeigt, kann gerade bei bestehenden Anlagen eine Lösung gefunden werden, wenn die Eigenschaften und Zusammenhänge der Anlage durch eine umfassende messtechnische Bestandsaufnahme überprüft und dadurch die Probleme aufgedeckt werden.

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



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