Ursachenermittlung der durch ein Blockheizkraftwerk übertragenen Geräusche in einem Wohnhaus

In einem Mehrfamilienhaus in Norddeutschland wurde nachträglich ein Blockheizkraftwerk (BHKW) im Heizungskeller aufgestellt. Um die Einleitung störender Vibrationen in den Baukörper zu verhindern, wurde das BHKW auf einer elastisch gelagerten Fundamentmasse positioniert. Nach Inbetriebnahme des BHKW traten dennoch in der Erdgeschosswohnung störende tieffrequente Geräusche auf, die vom Mieter dieser Wohnung bemängelt wurden. Um die Ursache dieser Geräuschübertragung herauszufinden, wurde unser Ingenieurbüro mit der Durchführung der messtechnischen Untersuchungen beauftragt. Auf Basis der Messdaten konnten wir kurzfristig effektive Maßnahmen zur Reduzierung der störenden Geräusche vorschlagen, die dann durch den Auftraggeber umgesetzt wurden.

Das ca. 20 Jahre alte 3-stöckige Wohnhaus hat im Kellergeschoss einen Heizungsraum, in dem u. a. das Blockheizkraftwerk und die Warmwasserspeicher aufgestellt sind. Das schwingungsisoliert aufgestellte BHKW bringt eine Leistung von P_{el} = 45 kW und P_{therm} = 85 kW. Der Transport der Kühlluft zum BHKW und die Weiterleitung der Warmluft vom BHKW erfolgt über ein Kanalsystem, das unterhalb der Decke angebracht ist. Die Abgase gelangen über eine Schalldämpferstrecke zum Abgasrohr, welches im gemauerten Kamin verläuft. Die Wasserleitungen zwischen dem BHKW und den Warmwasserspeichern verlaufen entlang der Wand und unterhalb der Decke.

Ziel der nachfolgend beschriebenen Untersuchungen war, die vorhandenen Schwingungen und Geräusche innerhalb des Heizungsraumes und in der Erdgeschosswohnung messtechnisch zu erfassen und zu beurteilen. Auf Basis der Ergebnisse sollten dann Maßnahmen zur Minderung der tieffrequenten Geräusche in der Erdgeschosswohnung ausgearbeitet werden, damit gemäß TA Lärm ein Immissionsrichtwert von 25 dB(A) für die lauteste Nachtstunde (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) eingehalten werden kann.

Messkonzept

Bei den messtechnischen Untersuchungen wurden mittels hochempfindlicher Schwingungssensoren die Schwingungen an den Wand-, Boden- und Deckenflächen, am Kanal- und Rohrleitungssystem sowie am Blockheizkraftwerk ermittelt. Des Weiteren wurde der Isolierwirkungsgrad der elastischen Lagerung des Blockheizkraftwerkes bestimmt. Die Erfassung der Schallsituation erfolgte zeitgleich über Schalldruckmikrofone im Heizungsraum und in der Erdgeschosswohnung. Zudem wurden die Raumakustik im Heizungsraum und die Luftschalldämmung der Geschossdecke ermittelt. Im Messzeitraum wurde das Blockheizkraftwerk in unterschiedlichen Lastbereichen betrieben. Für die zeitsynchrone Aufzeichnung aller Messdaten kam ein Mehrkanal-Messsystem zum Einsatz. Der Messablauf wurde den jeweils ermittelten Untersuchungsergebnissen angepasst.

Messergebnisse

Bei der messtechnischen Überprüfung der Schallsituation in der Erdgeschosswohnung wurde während des BHKW-Betriebs ein mittlerer Schalldruckpegel von L_{Aeq} = 27,1 dB(A) ermittelt. Da durch das BHKW ein permanent vorherrschendes tonales Geräusch am Immissionsort entsteht, wurde ein Zuschlag für Tonhaltigkeit von 6 dB vergeben. Somit lag der ermittelte Beurteilungspegel von L_r = 33,1 dB(A) deutlich über dem zulässigen Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum.

Die Auswertung gemäß DIN 45680 zeigte, dass ein deutlich hervortretender Einzelton im Sinne der Betrachtung von tieffrequenten Geräuschen für den Frequenzbereich von 10 Hz bis 80 Hz in der Erdgeschosswohnung vorhanden ist.

Die akustische Überprüfung der Geschossdecke ergab, dass der Schall nicht aufgrund einer unzureichenden Schalldämmung vom BHKW-Betriebsraum zur Erdgeschosswohnung übertragen wird.

In einem weiteren Schritt wurden die Schwingungen an den Wand-, Boden- und Deckenflächen, am Kanal- und Rohrleitungssystem sowie am BHKW ermittelt (Abb. 1). Die Auswertung zeigte, dass die Schwingungen vom BHKW-Betriebsraum zur Erdgeschosswohnung übertragen werden.

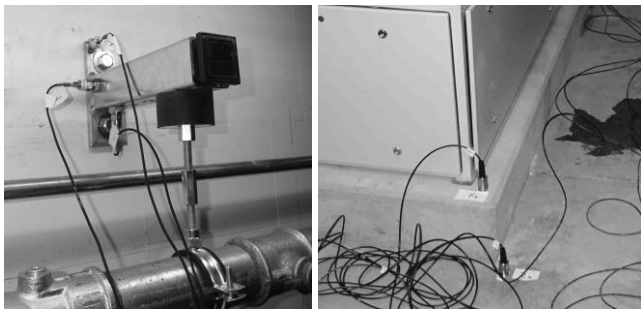

Abb. 1:
Einige Beispiele von Sensorpositionen bei den Schwingungsmessungen an der Wand (links) und am BHKW-Fundament (rechts)

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

Über starre Verbindungen zwischen den BHKW-Komponenten und dem Gebäude können Schwingungen vom BHKW auf die Wände übertragen werden. Sind ausreichend hohe Schwingungsamplituden vorhanden, kann Körperschall mit einer Intensität entstehen, der in den angrenzenden geräuscharmen Räumen subjektiv gut wahrgenommen werden kann. Die Detailanalyse der Messdaten ergab, dass die störenden Geräusche in der Erdgeschosswohnung nur aufgrund der Schwingungsamplituden im Bereich des fest mit der Wand verbundenen Abgasschalldämpfers entstehen.

Minderungsmaßnahmen

Zur Verbesserung der bemängelten Schallsituation wurde daher eine Schwingungsentkopplung des Abgasschalldämpfers vom Gebäude vorgeschlagen. Zudem sollte ein entsprechender Kompensator zwischen dem Abgasschalldämpfer und dem Abgasrohr im Kamin eingesetzt werden. Hierfür wurden geeignete Produkte und deren Lieferanten mitgeteilt. Die einwandfreie Umsetzung dieser Maßnahmen sollte zu einer deutlichen Minderung der Körperschallübertragung und somit zur Einhaltung des Immissionsschutzrichtwertes in der Erdgeschosswohnung führen.

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen wurde die Geräuschsituation in der Erdgeschosswohnung erneut messtechnisch erfasst. Die schwingungsisolierte Aufstellung des Abgasschalldämpfers führte zu einer deutlichen Minderung des Luftschalls in der Erdgeschosswohnung (Abb. 2). Der störende Einzelton war nicht mehr wahrnehmbar. Der mittlere Schalldruckpegel von L_{Aeq} < 19 dB(A) während des BHKW-Betriebs unterschreitet nun deutlich den Immissionsrichtwert der TA Lärm.

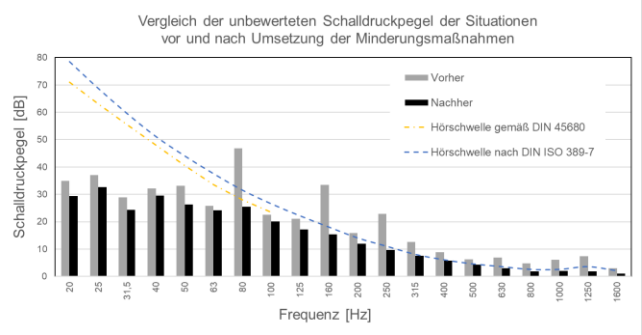

Abb. 2:
Vergleich der Terzspektren der unbewerteten Schalldruckpegel für die Situationen vor und nach Umsetzung von Minderungsmaßnahmen

Fazit

Wie dieses Beispiel zeigt, kann durch umfassende schall- und schwingungstechnische Untersuchungen der exakte Nachweis der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufgezeigt werden. Der zunächst höhere Mess- und Analyseaufwand relativiert sich vor dem Hintergrund, dass wirkungsvolle Minderungsmaßnahmen auf dieser Basis zielgenau und kostengünstig realisiert werden können.

Generell ist eine schall- und schwingungstechnische Betrachtung der Situation schon in der Projektplanungsphase zu empfehlen, um eine optimale Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung des Bauvorhabens zu schaffen. So können nachträgliche und oft sehr kostenintensive Verbesserungsmaßnahmen vermieden werden.

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 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