

Blockheizkraftwerke – Lärm und Schwingungen sind vermeidbar

Im Kellergeschoss eines Firmengebäudes wurde zur Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie ein Blockheizkraftwerk (BHKW) in einer separaten Schallschutzkabine installiert. Die Motor- und Generatorereinheit des BHKW ist elastisch vom Fundament entkoppelt. Medienführende Leitungen sind innerhalb der Schallschutzkabine mit Stützen auf dem Gebäudefundament abgefangen, außerhalb der Kabine erfolgt die Befestigung der Leitungen starr an der Geschosdecke. Trotz der bereits getroffenen Maßnahmen wird beim Betrieb der Verbrennungsmotoren des BHKW die Geräuschsituation im darüber liegenden Tagungsraum durch die Nutzer bemängelt. Zur Ursachenanalyse wurde KÖTTER Consulting Engineers beauftragt.

Im Zuge der messtechnischen Untersuchung wurde festgestellt, dass die Geräusche im Tagungsraum subjektiv stark tonhaltig waren. Neben störenden niederfrequenten Geräuschanteilen traten zwei markante Einzeltöne bei 200 Hz und 680 Hz auf. Ergänzende Körperschallmessungen im Tagungsraum zeigten, dass zum Teil spürbare Schwingungen in die Gebäudestruktur eingeleitet wurden.

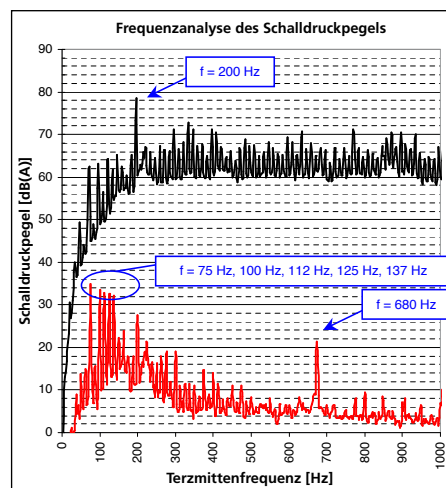
Somit besteht neben dem schwingungstechnischen auch ein schalltechnisches Problem.

Insbesondere im störenden niederfrequenten Bereich wurden dominante Schwingungen bei Frequenzen von 75 Hz, 100 Hz, 112 Hz, 125 Hz und 137 Hz erfasst, die im Tagungsraum in Form von Luftschall abgestrahlt wurden.

Erste Vermutungen vor Ort deuteten auf ein reines schwingungstechnisches Problem hin. Aber, warum liegen im Körperschallsignal keine Komponenten bei 200 Hz und 680 Hz vor?

Ergänzende Messungen in der Schallschutzkabine bei Betrieb des BHKW wurden daraufhin durchgeführt. Der messtechnisch ermittelte Innenpegel wurde maßgeblich durch einen markanten Einzelton bei 200 Hz – welcher der Schaufelpassierfrequenz eines Gebläses am BHKW zuzuordnen war – be-

stimmt. Zur Bilanzierung der Luftschallübertragung von der Schallschutzkabine in den Tagungsraum erfolgte eine Pegeldifferenzmessung. Hierzu wurde bei ausgeschaltetem BHKW die Schallschutzkabine mit einem speziellen Lautsprecher (Dodekaeder) von innen akustisch angeregt. Parallel erfolgten Schalldruckpegelmessungen in der Kabine und im Tagungsraum. Das Ergebnis



▲ **Abbildung 1:** FFT-Analyse des Schalldruckpegels / Gegenüberstellung BHKW (schwarz) und Tagungsraum (rot)

der Pegeldifferenzmessung zeigt, dass die Luftschalldämmung der Bauteile bei 200 Hz für den gewählten Aufstellungsort und Anwendungsfall unzureichend ist. Somit be-

Fortsetzung Seite 2 ▶

Vorwort

Der Einsatz von Blockheizkraftwerken (BHKW) ist sowohl zur Energieversorgung von Einfamilienhäusern als auch zur Strom- und Wärmeversorgung von Fabriken oder Industrieanlagen für viele eine interessante Alternative.

Die finanziellen Anreize der Stromvergütungen sind durch das KWKG-Gesetz sowie durch das EEG geregelt.

Oftmals wird beim Bau bzw. der Aufstellung von BHKW jedoch die Gefahr störender Geräusche unterschätzt, die später zu Beschwerden und z.T. teuren Nachbesserungen führen.



Mit einer guten Planung, die mögliche Lärmquellen und Übertragungswege im Vorfeld berücksichtigt, lässt sich viel Ärger vermeiden.

Lesen Sie dazu unser Projektbeispiel auf Seite 1.

Ihr Dr.-Ing. Johann Lenz

▶▶▶ INHALT ▶▶▶

- ▶ **Blockheizkraftwerke – Lärm und Schwingungen sind vermeidbar**
- ▶ **Energieeffizienz von Gebäuden: „Nach der Novelle ist vor der Novelle“**
- ▶ **Kirchenakustik – eine besondere Herausforderung für den Raumakustiker**
- ▶ **Kurz notiert: Nordhorer Hallenbad "delfinoh"**
- ▶ **Der Doppler-Effekt – Pfeifgeräusche an einer Windenergieanlage**
- ▶ **Optimierung der Raumakustik in Großraumbüros durch raumakustische Simulation nach der neuen VDI 2569**

Fortsetzung von Seite 1 ▶

steht neben dem schwingungstechnischen auch ein schalltechnisches Problem.

Auch die Ursache der bislang unbekanntenen Tonfrequenz von 680 Hz wurde schnell auffindig gemacht. In diesem Fall lag die Lösung so nah. So konnte bei Abschaltung des BHKW die Frequenz eindeutig der hausinternen Lüftungsanlage zugeordnet werden. Unserem Kunden wurde ein maßgeschneidertes Konzept zur Lärminderung vorge schlagen, mit dem die störenden Geräusche gezielt unterbunden werden können.

▶ Fazit

Die Aufstellung von Blockheizkraftwerken, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Notstromgeneratoren oder sonstigen haustechnischen Anlagen birgt grundsätzlich die Gefahr störender Geräusche innerhalb des Gebäudes. Durch eine fachgerechte Planung können Folgekosten einer erforderlichen Sanierung im Vorfeld bereits vermieden werden.

Planen Sie die Aufstellung einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage? Macht sich Ihre Kälteanlage im Gebäude bemerkbar? Zögern Sie nicht. Sprechen Sie uns an!



Dipl.-Ing.
Frank Henkemeier
frank.henkemeier@
koetter-consulting.com

Energieeffizienz von Gebäuden: „Nach der Novelle ist vor der Novelle.“

Die letzte Änderung zur Energieeinsparverordnung EnEV ist zum 01. Mai 2014 nahezu geräuschlos in Kraft getreten, vermutlich weil sie in ihrem Kernpunkt, nämlich dem Anforderungsniveau an den Energiebedarf des Gebäudes und an die Dämmung der Gebäudehülle zunächst keine Verschärfung mit sich brachte.

Zum Stichtag 01. Januar 2016 greifen nun wesentliche Änderungen, die eigentlich eine Flut von Bauanträgen zu den bisherigen Konditionen in den wenigen noch verbleibenden Monaten dieses Jahres auslösen müssten...

Die wichtigsten Änderungen wollen wir Ihnen kurz vorstellen.

▶ Die Anforderung an den **Jahres-Primärenergiebedarf bei Neubauten** wird um 25 % verschärft. Dafür wird keine neue Referenzdurchführung festgelegt, sondern der nach dem bisherigen Verfahren berechnete Anforderungswert für den Jahres-Primärenergiebedarf wird einfach mit dem Faktor 0,75 multipliziert.

▶ Die Anforderungen an das **Dämmniveau der Gebäudehülle** werden **bei Neubauten von Nichtwohngebäuden** um etwa 20 % verschärft. So wird der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von opaken Außenbauteilen von 0,35 auf 0,28 W/(m² K) gesenkt und für transparente Bauteile gilt künftig ein mittlerer U-Wert von 1,5 statt 1,9 W/(m² K).

Diese Werte sind bei „normal“ beheizten Zonen, d.h. bei einer Raumsolltemperatur im Heizfall von $\geq 19^{\circ}\text{C}$, einzuhalten. Bei niedrig beheizten Zonen gibt es keine Verschärfung, es gilt weiterhin ein mittlerer U-Wert von 0,50 W/(m² K) für opake und von 2,8 W/(m² K) für transparente Außenbauteile.

▶ Der **Primärenergiefaktor für Strom** aus dem Netzmix wird um 25 % gesenkt, d.h. der Faktor für den nicht erneuerbaren Anteil wird von derzeit 2,4 zum 01.01.2016 auf 1,8 gesenkt. Hintergrund ist der steigende Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung bei gleichzeitig deutlich gesunkenem Anteil von Strom aus Atomkraftwerken.

Ausgenommen von der Verschärfung beim Jahres-Primärenergiebedarf und beim Dämmniveau der Hülle bleiben Gebäudezonen mit mehr als 4 m Raumhöhe, die durch dezentrale Gebläse- oder Strahlungsheizungen beheizt werden. In diese Kategorie fallen viele industrielle und gewerbliche Hallenbauten. Für diese Gebäude wäre eine weitere Verschärfung der Anforderungen kaum mit dem nach wie vor geltenden Gebot der Wirtschaftlichkeit zu vereinbaren.

Frei nach dem alten Fußball-Motto „Nach dem Spiel ist vor dem Spiel!“ lässt sich auch für den gesamten Bereich der Gesetz- und Verordnungsgebung im Gebäudeenergiebereich sagen: **„Nach der Novelle ist vor der Novelle!“** Denn schon jetzt ist klar, dass ausgehend von der EU-Gebäuderichtlinie die geänderten Anforderungen in nationales Recht umgesetzt werden müssen.

So ist gemäß Energieeinsparungsgesetz der **Niedrigstenergiestandard** zunächst für Gebäude in öffentlicher Hand zu definieren und umzusetzen (bei Errichtung nach dem 31.12.2018) und zwei Jahre später

dann auch für private Nichtwohngebäude. Noch in der aktuellen Legislaturperiode ist auch die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes vorgesehen.

Das Thema „Energieeffizienz von Gebäuden“ bleibt also spannend und in Bewegung!

Möchten Sie wissen, welche Auswirkungen die ab Januar 2016 geltenden Änderungen für die Baupraxis haben oder gibt es bei Ihrem Bauvorhaben spezielle Fragen zu den Anforderungen bei Neubau oder Sanierung, dann wenden Sie sich gerne an unsere „EnEV-Fachleute“ Dipl.-Ing. Michael Hörnemann und Dipl.-Ing. Christiane Schuurman.



Dipl.-Ing.
Christiane Schuurman
christiane.schuurman@
koetter-consulting.com



KCE-Seminar

Technische Akustik Teil 1 + 2

25. und 26. November 2015
Referenten: Dipl.-Ing. Robert Missal
und Dipl.-Ing. Patrick Waning

Mehr Informationen und Anmeldung
unter: www.kce-akademie.de

Kirchenakustik – eine besondere Herausforderung für den Raumakustiker

Raumakustische Maßnahmen für die St.-Dionysius-Kirche in Nordwalde mit der Bensmann-Orgel

Aufgrund der unterschiedlichen Darbietungen in Kirchen, wie Orgelmusik und Chor- bzw. Gemeindegesang einerseits und das gesprochene Wort (Predigten) andererseits, ist die akustische Planung von Kirchenräumen eine besondere Herausforderung. In der St.-Dionysius-Kirche in Nordwalde wurde durch einen Umbau die Raumakustik so verändert, dass sowohl die Sprachverständlichkeit als auch der Orgelklang bemängelt wurden. Grund genug, KÖTTER Consulting Engineers für eine raumakustische Untersuchung mit Empfehlung von geeigneten Verbesserungsmaßnahmen einzuschalten.



▲ **Abbildung 1:** Modell der Kirche nach dem Umbau mit abgetrennten Querschiffen

Zur Historie: Die St.-Dionysius-Kirche in Nordwalde wurde bereits im 15. Jahrhundert als Hallenkirche errichtet, erfuhr jedoch im Laufe der Jahrhunderte zum Teil erhebliche bauliche Veränderungen.

Eine Besonderheit in der Kirche stellt die Barockorgel von Dieter Bensmann hinter dem Prospekt von Heinrich Mencke aus dem Jahr 1711 dar. Der Prospekt stand bis in die 1960er Jahre in der Stiftskirche Frekenhorst und war dort abgebaut und eingelagert worden. Nach dem Umbau, der Renovierung und dem Einbau der Orgel in die Kirche St. Dionysius im Jahr 2000 durch den Orgelbauer Bensmann aus Borghorst wurde das Orgelgehäuse unter Denkmalschutz gestellt.

Die jüngsten Umbauten an der Kirche wurden 2008 nach den Plänen des Architekturbüros Holtfrerich vorgenommen. Dabei wurden die beiden Querschiffe der ehemaligen Kreuzkirche vom Hauptschiff getrennt und zu einem Pfarrzentrum und einem Medienzentrum umgebaut.

Mit einer verschlechterten Raumakustik durch die Umbaumaßnahmen hatte man bereits im Vorfeld gerechnet. Man hatte sich jedoch dafür entschieden, zunächst das

Bauvorhaben durchzuführen und im Nachgang die Akustik durch gezielte Maßnahmen zu optimieren.

Tatsächlich wurde nach dem Umbau die Sprachverständlichkeit in der Kirche bemängelt. Im Weiteren wurden nach subjektivem Eindruck der Nutzer die Nachhallzeiten gegenüber der Situation bei Intonation der Orgel (vor dem Umbau) wesentlich verlängert, so dass kein optimaler Orgelklang mehr gegeben war.

Einer Neuintonation waren gewisse Grenzen gesetzt, so dass auf Grundlage einer raumakustischen Untersuchung geeignete Maßnahmen ausgelegt werden sollten, die im Hinblick auf die Nachhallzeiten den akustischen Zustand der Kirche vor dem Umbau wieder herstellen sollten. Für die optimale Klangqualität der Orgel galt es daher, die Nachhallzeiten im unteren Frequenzbereich zu reduzieren und für den oberen Frequenzbereich einen Abfall unterhalb der Werte vor dem Umbau zu vermeiden, da dies Probleme bei der Intonation der Orgel bewirken würde.

Für die Auslegung der raumakustischen Maßnahmen und Bewertung des Bestandes wurden in der Kirche die Nachhallzeiten gemessen. Vom Kirchenraum vor dem Umbau lagen Ergebnisse aus Messungen vor, die im Rahmen der Beratungen für das Pfarr- und Medienzentrum von einem Ingenieurbüro durchgeführt wurden. Auf der Grundlage von Berechnungen wurden zur Erfüllung der Zielsetzung für die seitlichen Wände zu den Querhäusern Schlitzzplattenabsorber ausgelegt. Nach der baulichen Umsetzung wurde die raumakustische Situation messtechnisch geprüft.

Durch die raumakustischen Maßnahmen wurden die Nachhallzeiten ganz erheblich reduziert, was zu einer Verbesserung der Sprachverständlichkeit führte. Auch im tief-



▲ **Abbildung 2:** Innenansicht der Kirche

frequenten Bereich konnte eine deutliche vom Organisten geforderte Reduzierung der Nachhallzeit erzielt werden, ohne dass die Werte im hochfrequenten Bereich unter den Werten vor dem Umbau liegen.

Heute können die Kirchenbesucher sowie der Organist wieder eine hervorragende Akustik erleben, die sowohl dem gesprochenen Wort als auch der Kirchenmusik gerecht wird. Davon kann man sich übrigens auch bei den regelmäßig dort stattfindenden Konzerten überzeugen!



Dipl.-Ing.
Helmut Hinkers
helmut.hinkers@
koetter-consulting.com

Kurz notiert:

Für das **Nordhorner Hallenbad „delphin“** wurde am 11. September 2015 Richtfest gefeiert.

Der Neubau mit drei Schwimmhallen übernimmt an neuer Stelle die Funktion eines Kombibades, da es sich nun in unmittelbarer Nähe zum Freibad befindet.

Im Auftrag der Bäderbetriebe Nordhorn/Niedergrafschaft (bnn) übernimmt KÖTTER Consulting Engineers die fachliche Beratung zur thermischen Bauphysik und Raumakustik. Insbesondere die Akustik der Schwimmhalle konnte beim Festakt schon spürbar durch bereits angebrachte wirksame Deckenelemente wahrgenommen werden! Das Bad soll im Sommer 2016 eröffnet werden!

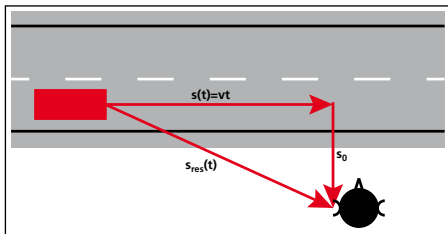
Der Doppler-Effekt – Pfeifgeräusche an einer Windenergieanlage

Die Ursache von Geräuschen an Windenergieanlagen kann auf verschiedene Effekte, wie z.B. Strömungsrauschen an den Blättern, zurückgeführt werden. Zusätzlich können, je nach Anlagentyp, noch tonale Anteile hinzukommen, die beispielsweise durch die Getriebe-Generatoreinheit verursacht werden. Die Frequenz dieser Anteile ist mit der Drehzahl gekoppelt und kann durch die im Eingriff befindlichen Zahnradpaarungen rückgerechnet werden.

Bei einer von KÖTTER Consulting Engineers vermessenen Windenergieanlage wurde ein Ton bemängelt, der über der Zeit periodisch in seiner Frequenz schwankte. Als Ursache hierfür wurde unter anderem der Doppler-Effekt vermutet.

Der Doppler-Effekt ist ein alltäglich zu beobachtendes Phänomen. Eine Schallquelle, die sich auf einen ruhenden Beobachter zubewegt, wird dort mit einer höheren Frequenz wahrgenommen als ursprünglich abgestrahlt. Bewegt sich die Schallquelle vom Beobachter weg, fällt die Frequenz weiter ab.

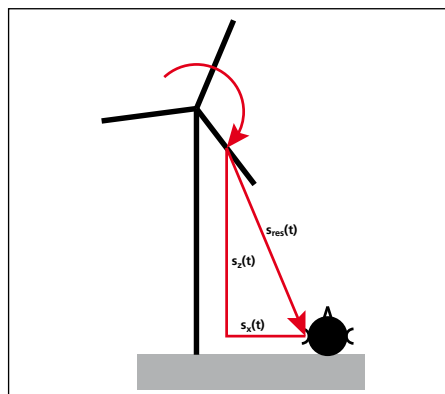
Als typisches Beispiel sei ein Krankenwagen mit eingeschaltetem Martinshorn genannt, der sich mit 50 km/h auf einen Beobachter zubewegt (siehe Abbildung 1). Das Martinshorn strahlt eine Schallwelle mit einer Frequenz von 440 Hz ab. Der Beobachter nimmt die Schallquelle jedoch mit ca. 459 Hz wahr. Entfernt sich der Krankenwagen, liegt die Frequenz nur noch bei ca. 423 Hz.



▲ **Abbildung 1:** Schematische Darstellung eines am ruhenden Beobachter vorbeifahrenden Krankenwagens

Befindet sich eine Schallquelle auf einer rotierenden Ebene, wie in diesem Fall auf einem Blatt des Rotors einer Windenergieanlage, bewegt diese sich periodisch auf den Beobachter zu bzw. weg (siehe Abbildung 2). Die Frequenz der beim Beobachter

eintreffenden Schallwelle, ändert sich somit auch periodisch.



▲ **Abbildung 2:** Schematische Darstellung einer rotierenden Schallquelle auf einem Blatt einer Windenergieanlage

Diese periodische Frequenzverschiebung Δf lässt sich aus der Umlaufzeit T des Rotors, der Entfernung der Schallquelle zur Nabe r , der Mittenfrequenz der Schallquelle f_0 sowie der Position des Beobachters $P(x_0, y_0, z_0)$ relativ zur Nabe berechnen.

Durch den Abgleich der Berechnungen mit den Messdaten ließ sich die Position der Schallquelle abschätzen und konnte so mit Angabe des betroffenen Blattes dem Betreiber mitgeteilt werden. Bei einer daraufhin erfolgten Inspektion der Blätter wurden tatsächlich mehrere Unebenheiten und Löcher in den Blättern gefunden und repariert. Nach der Wiederinbetriebnahme zeigt sich

Optimierung der Raumakustik in Großraumbüros durch raumakustische Simulation nach der neuen VDI 2569

Die VDI 2569 "Schallschutz im Büro" befindet sich derzeit in Überarbeitung. Es sind neue Kenngrößen für die raumakustische Planung und Klassifizierung von Großraumbüros vorgesehen.

Mit unserer erweiterten Software kann die raumakustische Situation in Großraumbüros simuliert und die relevanten Kenngrößen noch detaillierter ermittelt werden. Auf dieser Grundlage können raumakustische Maßnahmen und Abschirmungen effektiver dimensioniert werden.

Ein weiterer Einsatzbereich der Software ist die Ermittlung der Lärmsituation am Arbeitsplatz. Die durch die Maschinen in Produktionshallen verursachten Lärmpegel können bereits in der Planungsphase ermittelt und nach den Arbeitsschutzrichtlinien beurteilt werden. Im Vorfeld kann so die Aufstellung von Maschinen optimiert werden.

Die detaillierte Berechnung der Lärmpegel in Werkhallen bietet auch für Schallimmissionsprognosen nach TA Lärm erhebliche Vorteile, sodass auch die Fassaden deutlich wirtschaftlicher optimiert werden können.

die Geräuschabstrahlung der Windenergieanlage ohne lästigen Einzelton, sodass die Anlage jetzt wieder mit dem „normalen“ Geräuschpegel betrieben werden kann.



Dipl.-Ing., M.Sc.
Timm Schaer
timm.schaer@

koetter-consulting.com

KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG

Bonifatiusstraße 400
D-48432 Rheine
Tel. +49 5971 9710-0
Fax +49 5971 9710-43
E-Mail: info@koetter-consulting.com

Handelsregister Steinfurt HRA 4948
USt-IDNr.: DE 814 561 321
Komplementär:
KÖTTER Consulting Engineers Verw.-GmbH
Geschäftsführer: Margret Grobosch, Dr.-Ing. Johann Lenz

www.koetter-consulting.com

KÖTTER Beratende Ingenieure Berlin GmbH

Balzerstraße 43
D-12683 Berlin
Tel. +49 30 526788-0
Fax +49 30 5436016
E-Mail: berlin@koetter-consulting.com

Handelsregister Berlin HRB-Nr. 44230
USt-IDNr.: DE 157 53 44 94
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Bernd Fleischer

www.kbi-berlin.de

