

MÜLLER-BBM



Beratung · Planung · Messung · Simulation · Prüfung · Problemlösung

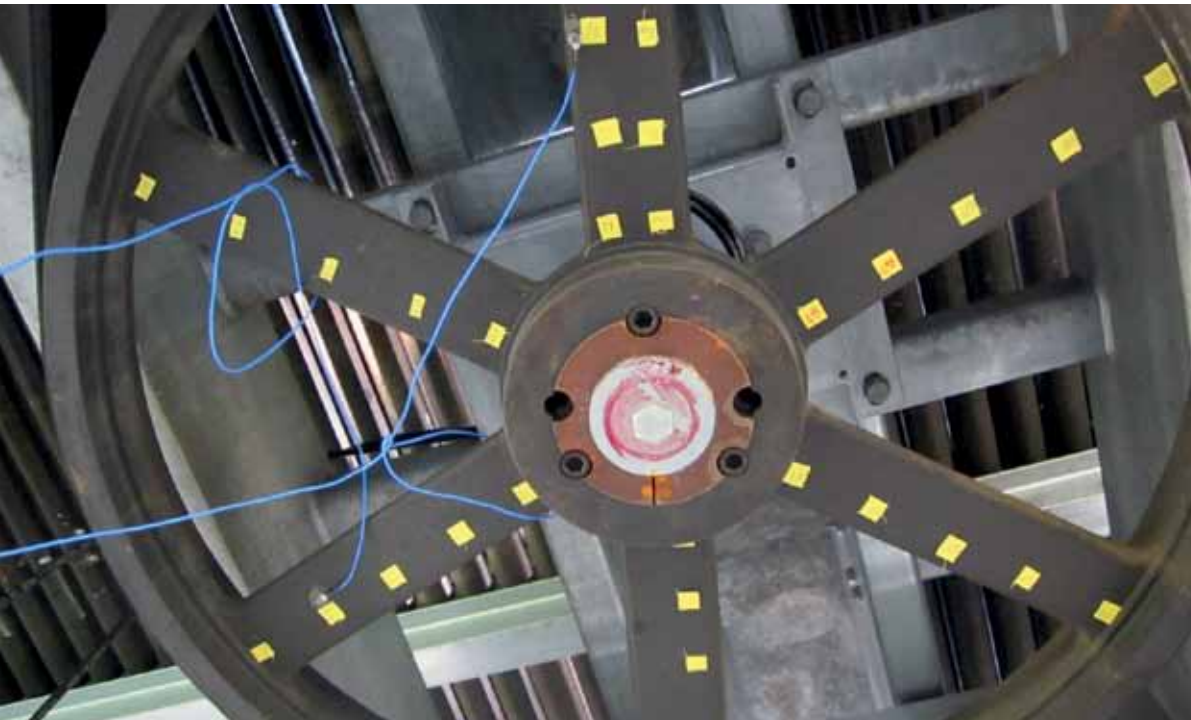
Schwingungen in Industrieanlagen

www.MuellerBBM.de

Schwingungen in Industrieanlagen

Von der Ursachenermittlung bis zur Problemlösung:

Müller-BBM berät und unterstützt Anlagenbauer und -betreiber durch Prognosen, Messungen, Analysen und individuelle Planung.



Unerwünschte Schwingungen in Industrieanlagen beeinträchtigen den Betrieb, die Verfügbarkeit und die Sicherheit von Anlagen. Letztlich reduzieren sie auch deren Lebensdauer. Störungen reichen von Geräuschen bis zu Einschränkungen in der Produktion, Gefährdungen oder sogar Schäden, die ein außerplanmäßiges Abschalten erforderlich machen können. Das Thema betrifft so gut wie alle Industriezweige: von der petrochemischen und Chemieindustrie über Kraftwerke, Windenergie- oder

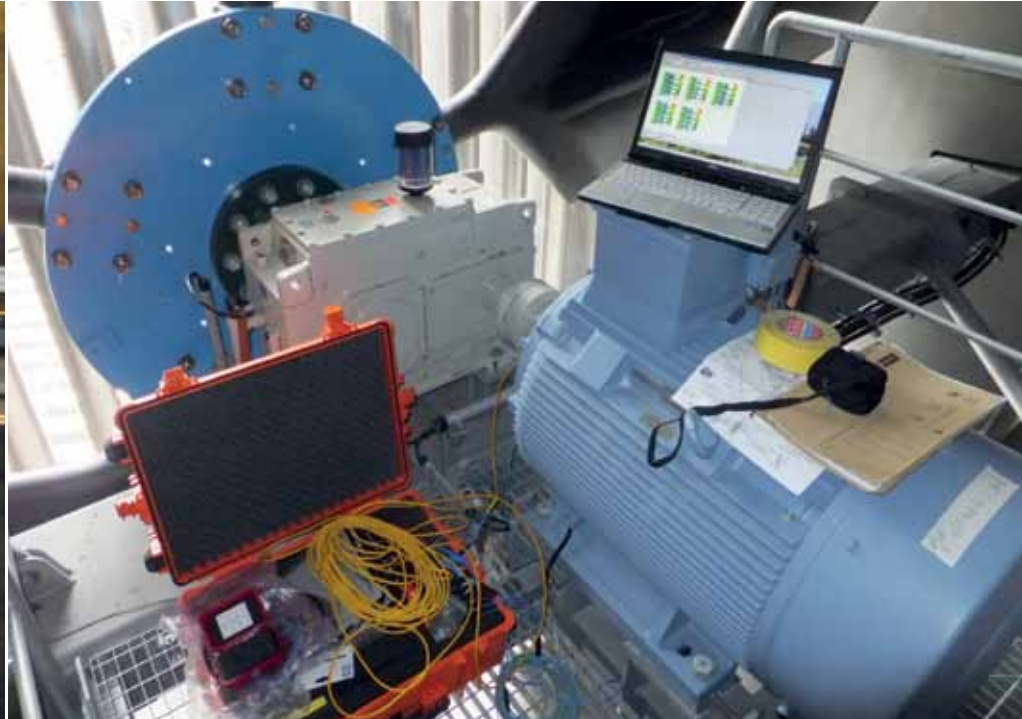
Offshore-Anlagen, Eisen-, Stahl- oder Aluminiumindustrie, Bergbau, Abfallwirtschaft, Holzwirtschaft, Papier- oder Glasherstellung, Baustoffproduktion, Straßen- und Schienenfahrzeugbau bis zum Maschinen- und Anlagenbau.

Häufig treten Schwingungsprobleme auf, wenn neue Anlagen in Betrieb gehen oder Veränderungen an bestehenden Anlagen vorgenommen wurden. Die Ursachen dafür sind vielschichtig. Kapazitätssteigerung und Leistungsoptimierung können ebenso unerwartete Schwingungen zur Folge haben wie ungünstige Formen, Größen, Anordnungen oder Materialien einzelner Komponenten.

Typische Beispiele für schwingungsanfällige Systeme sind Verdichter, Pumpen und Ventile mit den dazugehörigen Rohrleitungssystemen. Außerdem Turbinen, Motoren, Dampfkessel und andere Wärmeübertrager oder Verbrennungsanlagen.

Laufruhe

Im Rahmen der Inbetriebnahme eines 800 MW Kohlekraftwerkes wurden die Lagerschwingungen an den Saugzug- und Frischluftgebläsen mit Antriebsleistungen von über 6 MW ermittelt und nach Norm bewertet. Durch Messungen der Betriebschwingungen und der dynamischen Eigenschaften der Kühlturm-Axialventilatoren wurde bestätigt, dass die Anregungsfrequenzen aus Unwuchten und Flügelströmungen ausreichenden Abstand zu den Resonanzen der Anlage aufweisen. So kann ein laufruhiger Betrieb sichergestellt werden, bei dem Sicherheit und Lebensdauer nicht durch zu hohe Belastungen beeinträchtigt werden. Bei leistungsstarken Gebläsen sind Lauf- und Schwingungsrufe eine Voraussetzung für den sicheren und störungsfreien Betrieb.



Interdisziplinäres Expertenteam

Die gute Nachricht: selbst komplizierte Schall- und Schwingungsprobleme sind lösbar. Müller-BBM unterstützt Sie mit einem interdisziplinären Expertenteam und einem ganzheitlichen Ansatz bei der Planung und Auslegung neuer Anlagen ebenso wie beim Troubleshooting in existierenden Anlagen.

Unser Team aus Spezialisten und Generalisten verfügt über breites, branchen- und fachspezifisches Know-how, das auf mehr als 50 Jahren Erfahrung im industriellen Schall- und Schwingungsschutz basiert. Über die jeweiligen Fachgebiete hinaus sind wir auch mit den Betriebsabläufen und verfahrenstechnischen Prozessen in Ihren Anlagen vertraut.

Kundenorientierte Lösungen

Unsere Experten berechnen, prognostizieren und messen Schwingungen. Sie überwachen diese temporär oder dauerhaft – objektiv und unabhängig. Sie analysieren und interpretieren die Ergebnisse, identifizieren die zugrundeliegenden Probleme und deren Schweregrad und arbeiten maßgeschneiderte Lösungen zu deren Vermeidung oder Beseitigung aus. Dabei legen wir besonderes Augenmerk auf Lösungen, die gleichermaßen wirksam und wirtschaftlich sind.

Bei unerwünschten Schwingungen erarbeiten und spezifizieren wir primäre oder sekundäre Maßnahmen. Zu letzteren gehören elastische Lagerungen, Isolierungen und Dämpfungselemente, die Schwingungen oder Vibrationen auf ihrem Ausbreitungsweg mindern.

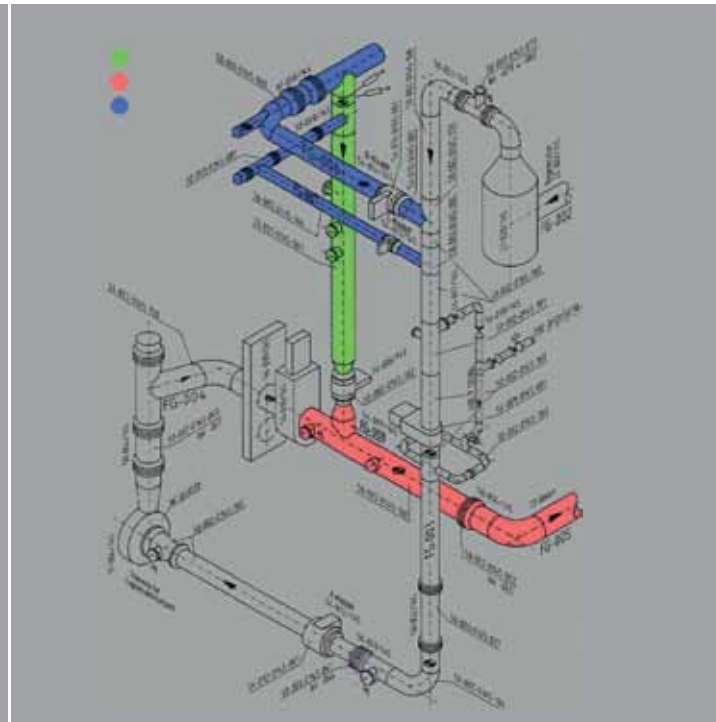
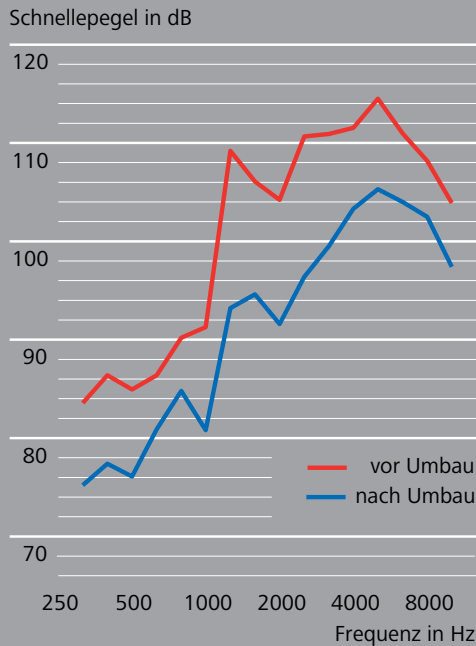
Bei Neubauprojekten beginnt der Schwingungsschutz idealerweise bereits in der Planungsphase. Wir empfehlen Herstellern von Industrieanlagen und Komponenten, bereits in einem frühen Planungsstadium mit uns zu sprechen.

Rohrleitungsuntersuchungen

An der Anfahrleitung eines Prozessdampfkessels entstanden beim An- und Abfahren Schäden an den Aufhängungen der Leitung und an damit verbundenen Bauteilen. Durch berührungslose Laservibrometer-Messungen an der 400 °C heißen Rohrleitung wurden hochfrequente Schwingungen als Ursache identifiziert, die durch Ventilgeräusche induziert wurden. Durch den von Müller-BBM begleiteten Umbau des Anfahrventils konnte die Schwinggeschwindigkeit auf etwa ein Viertel und damit auf ein unschädliches Niveau reduziert werden.

Strömungsoptimierung

In der Turbinen-Bypassleitung (> 750 °C) einer petrochemischen Prozessanlage traten Schwingungsschäden an einer Regelklappe auf. Durch CFD-Simulationen konnte eine ungünstige Geschwindigkeitsverteilung bei der Durchströmung der Klappe und des anschließenden T-Stücks als Ursache ermittelt werden. Basierend auf den Ergebnissen wurden die Form des T-Stücks zur Homogenisierung der Strömung optimiert und die Schäden dadurch abgestellt.



Vielfältig: Methoden, Messtechnik und Werkzeuge

Unser Team wendet Methoden und Werkzeuge an, die auf Ihr Produkt oder die jeweilige Situation in Ihrer Anlage optimal zugeschnitten sind – von der Rechen- und Messtechnik bis zum Lösungsvorschlag.

Wir messen, simulieren und berechnen Prozesse und Schwingungen. Darüber hinaus bestimmen wir die Belastungskollektive und treffen Aussagen über Systemsicherheit sowie erwartete Lebensdauer.

Wir verfügen über modernste Messgeräte und Softwaretools, eigene Prüfräume und praxisgerechte Prüfstände. Unser Prüflaboratorium für Schall

und Schwingungen ist für die in der Akkreditierungsurkunde aufgeführten Verfahren nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Vielkanalmessung, experimentelle Modalanalyse, Betriebsschwingungsanalyse

Vielkanalige Messsysteme für schwingungstechnische Untersuchungen erfassen und analysieren dynamische Daten in Echtzeit. Wir messen mit Beschleunigungs-, Weg- und Druckaufnehmern, Mikrofonen, Dehnmessstreifen und Laservibrometrie. Mit Hilfe der Vielkanalmessung ermitteln wir alle

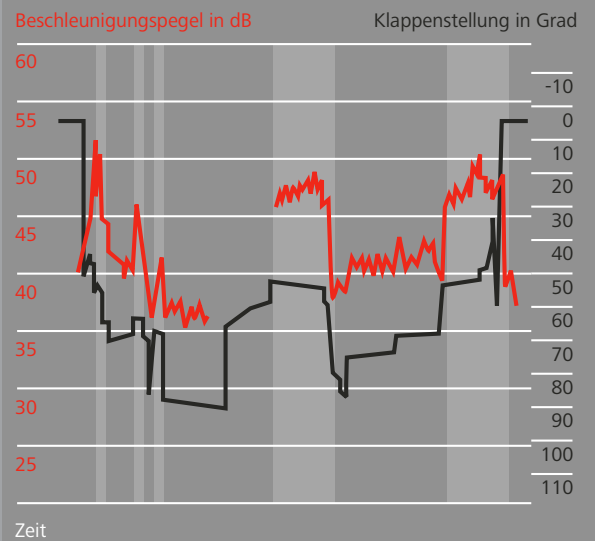
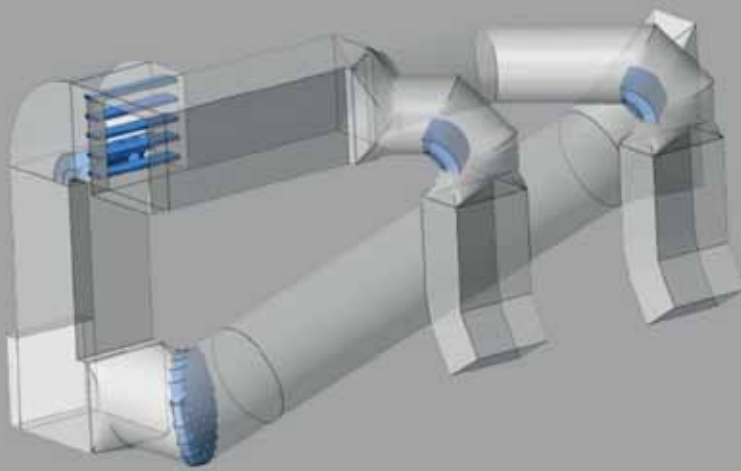
Daten, die notwendig sind, um Schwingungen an Maschinen und Anlagen zu bewerten und um ursächliche Effekte zu bestimmen. Um das Systemverhalten einem Betriebszustand eindeutig zuzuordnen zu können, werden neben den Schwingungsmessgrößen stets auch die Betriebsparameter erfasst.

Die Modalanalyse verwendet definierte, externe Anregungen, untersucht das prinzipielle dynamische Verhalten einer Struktur und bestimmt deren Eigenfrequenzen, Schwingungsformen und Dämpfungseigenschaften.

Die Betriebsschwingungsanalyse (BSA) ermittelt das Schwingungsverhalten des Untersuchungsobjekts im laufenden

Schwingungsschäden an Kompensatoren

In einem Kohlekraftwerk traten nach Inbetriebnahme eines neuen Druckerhöhungsgebläses in der erweiterten Rauchgasreinigungsanlage massive Schäden an den Kompensatoren auf der Gebläse-druckseite der bestehenden Saugzuggebläse auf. Mehrkanalige Schwingungs- und Druckmessungen in und an den Kanälen zeigten, dass eine Wechselwirkung zwischen den bestehenden Saugzuggebläsen und dem neuen Druckerhöhungsgebläse zu tieffrequenten Schwingungen führte. Diese zerstörten die Kompensatoren nach kurzer Zeit, wenn die Stellung der Klappe im Verbindungskanal zwischen 50° und 70° betrug. Durch eine gezielte Anpassung in der Betriebsweise der Gebläse konnten die Schwingungen stark reduziert und weitere Schäden verhindert werden.



Prozess. Die phasengetreue Aufzeichnung der Signale erlaubt das Darstellen der Schwingungen in beliebigen Frequenzen oder Betriebspunkten. Eine animierte Visualisierung der Struktur-schwingungen in ihrem Bewegungsablauf unterstützt die Identifikation der Ursachen unerwünschter Vibrationen und die Entwicklung gezielter und wirkungsvoller Optimierungsmaßnahmen.

Spezialmesstechnik: Für heiße, unzugängliche oder schwere Fälle
Heiß, unzugänglich, bewegt, groß, schwer? Kein Problem für unsere Spezialmesstechnik. Für die Analyse von Systemen bei Betriebstemperaturen bis ca. 800 °C verwenden wir Hochtemperatur-Beschleunigungsaufnehmer oder Heiß-

Dehnmessstreifen (DMS). Bei extremen Temperaturen oder unzugänglichen Messstellen kommen berührungsfreie Laserdopplervibrometer zum Einsatz. Für das Messen in Strömungen haben wir spezielle Sonden entwickelt. Rotierende Bauteile erfordern die telemetrische Übertragung der Messdaten.

Um reproduzierbare dynamische Kräfte mit sehr niedrigen Frequenzen auch in schwere und große Strukturen und/oder den Untergrund kontrolliert und gerichtet einleiten zu können, haben wir den Unwuchterreger DYNAQ® entwickelt.

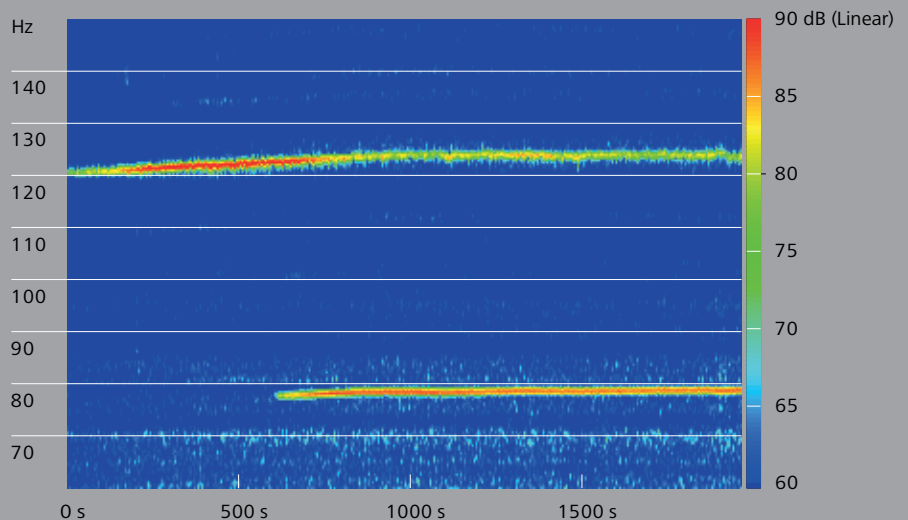
Mit dessen kraft- und frequenzgesteuerter Anregung lassen sich dynamische Steifigkeiten großer Konstruktionen, ganzer Gebäude oder des Baugrundes bestimmen, aber auch die Schwingungsübertragung von einem System auf ein benachbartes detailliert untersuchen. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf unerwünschte Resonanzeffekte, auf die Boden-Bauwerks-Interaktion und auf die Beeinflussung einzelner Maschinen oder Maschinenfundamente ziehen.

Kesselbrummen

In einem gasbefeuerten Dampfkessel (Feuerungsleistung 300 MW) wurden in bestimmten Lastbereichen unerwünschte Brummgeräusche und tieffrequente Vibrationen beobachtet, die durch das Zusammenspiel periodischer Wirbelablösungen an den Wärmetauscherrohren mit den akustischen Eigenfrequenzen des Kessels verursacht wurden. Mit Hilfe eines speziell entwickelten Mess- und Auswerteverfahrens konnten die Wärmetauscherstufen identifiziert werden, in denen das Phänomen auftrat. Basierend auf den Messergebnissen und begleitenden Berechnungen gelang es, den Kessel durch gezielte Einbauten so zu verstimmen, dass der Resonanzeffekt unterdrückt wird und sich der Kessel im gesamten Lastbereich ruhig betreiben lässt.



Campbell Diagramm des Schalldruckpegels in dB



Federprüfstand: Geprüfter Schwingungsschutz

Um die Wirksamkeit von elastischen Entkopplungselementen (elastische Lager, Isolierungen) als Maßnahmen zum Schwingungsschutz sicherzustellen, müssen deren dynamische Eigenschaften im relevanten Frequenzbereich zum jeweiligen Anwendungsfall passen. Werden die Kennwerte nicht vom Hersteller zur Verfügung gestellt, müssen sie zur zuverlässigen Auslegung unter realistischen Vorlasten messtechnisch ermittelt werden. Im Federprüfstand bestimmen unsere Fachleute dynamische Federkennwerte in Abhängigkeit von Amplitude, Frequenz oder statischer Vorbelastung und unterstützen Sie bei der Optimierung der Entkopplungselemente.

Simulation: Vielfältige Werkzeuge für genaue Referenzmodelle

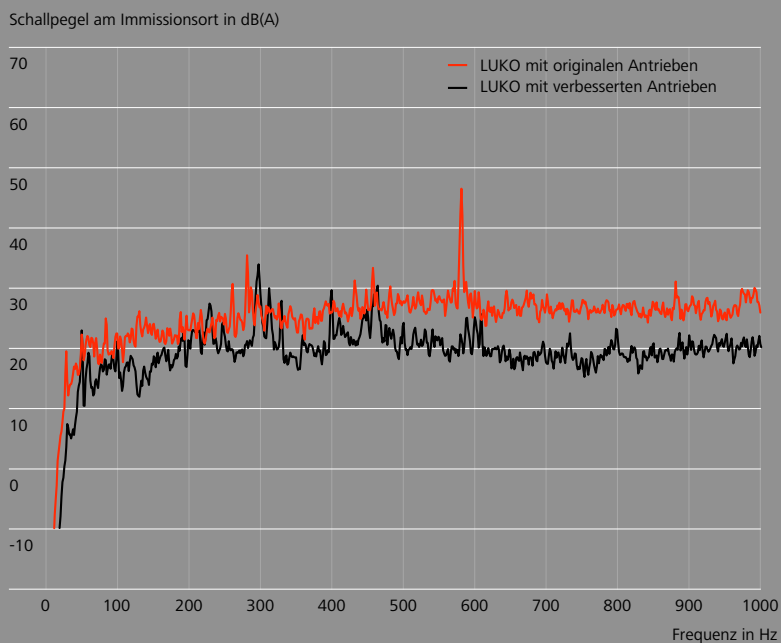
Egal, ob Designstudie und -optimierung, Resonanzvermeidung, Schwingungs- und Ermüdungsnachweise, Schadensanalyse, Variantenuntersuchung von Verbesserungsmaßnahmen oder die Prognose der abgestrahlten Schallenergie – wir unterstützen Sie mit modernsten Werkzeugen zur numerischen Simulation bei der Planung oder der Optimierung Ihrer Anlagen und machen diese sicherer, langlebiger und ruhiger. Durch Kalibrierung und Validierung der Simulationsmodelle mit Messdaten entstehen genaue Referenzmodelle, auf deren Basis verschiedene Designvarianten in ihrer Wirkung schnell untersucht und zuverlässig bewertet werden können.

FE-Modelle, BEM, SEA und CFD

Finite Elemente (FE)-Berechnungen simulieren das Verhalten von Maschinen und Anlagen unter dynamischen Lasten. Sie sind ein unverzichtbares Werkzeug für deren Planung, Bemessung und Auslegung. FE-Modelle lassen sich detailgetreu direkt aus Ihren CAD-Daten aufbauen. Mit Hilfe von Updating Software (FEMtools®) können Modaldaten aus der Simulation mit Messungen korreliert und FE-Modelle gezielt und realistisch an die tatsächlichen Gegebenheiten angepasst werden.

Geräuschemissionen

An einem Luftkondensator wurden störende tonale Schallemissionen beobachtet. Als Ursache wurden hochfrequente Vibrationen der umrichter gespeisten Ventilator-Antriebsmotoren identifiziert, die von den Ventilatorflügeln sowie vom Stahlbau des Luftkondensators abgestrahlt wurden. Durch eine Kombination von Maßnahmen, die die Änderung des Betriebszustands von Frequenzumrichter und Riementrieb sowie die schwingungsentkoppelte Anbindung der Antriebe beinhaltet, wurden die tonalen Geräuschanteile auf ca. ein Zehntel des ursprünglichen Wertes reduziert und so die subjektiv störende Wirkung beseitigt.



Mit Hilfe der Randlelemente-Methode (BEM) lassen sich maßgebende Mechanismen der Abstrahlung von Luftschall prognostizieren. Wir nutzen sie bei Fragen zur Schallabstrahlung von Maschinen, Anlagenteilen oder Einhausungen.

Wenn ein Bauteil einen Leistungseintrag aus dynamischer Anregung erfährt und dabei höhere Frequenzen zu untersuchen sind, ist die hohe Dichte der Eigenfrequenzen zu beachten. Dann ist das Strukturverhalten nicht mehr über einzelne Schwingformen erfassbar. Hier arbeiten wir mit statistischer Energieanalyse (SEA), die den Energiegehalt eines Bauteils und den mittleren Energieaustausch zwischen Bauteilen betrachtet.

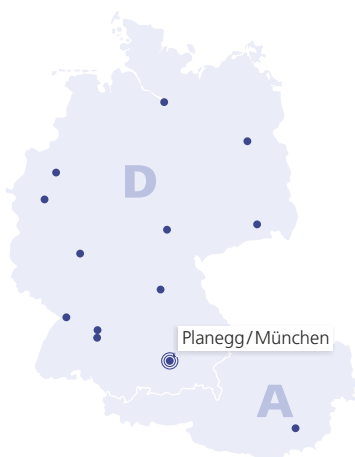
Mit Computational Fluid Dynamics (CFD) simulieren wir Strömungsvorgänge und quantifizieren Druck, Geschwindigkeit, Temperatur und andere Eigenschaften der Strömung. Was sich messtechnisch nur punktuell, schwer oder gar nicht bestimmen lässt, kann durch numerische Verfahren für jeden Punkt des Strömungsfeldes berechnet und visualisiert werden, um durchströmte Systeme zu analysieren und mittels Variantenberechnungen zu optimieren.

Umwelt

Schallimmissionsschutz
Luftreinhaltung
Schwingungs- und Erschütterungsschutz
Licht und elektromagnetische Felder
Umweltverträglichkeit
Anlagensicherheit
Rechtssichere Unternehmensorganisation
Gefährdungsbeurteilungen
Chemische Analytik

Technik

Fahrzeugakustik
Schiffsakustik
Bahnakustik
Industrie- und Anlagenakustik
Maschinenakustik und Maschinendynamik
Psychoakustik
Mobilkommunikation



Hauptsitz

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Helmut-A.-Müller-Straße 1–5
82152 Planegg/München
Telefon +49 89 85602-0
Telefax +49 89 85602-111

www.MuellerBBM.de

Umfassende Lösungen aus einer Hand

Beratung · Planung · Messung · Gutachten · Forschung

Die Müller-BBM Industry Solutions GmbH ist eine Tochtergesellschaft der Müller-BBM AG mit Hauptsitz in Planegg bei München. Seit 1962 berät Müller-BBM Kunden national und international und gehört heute zu den weltweit führenden Ingenieurbüros. Über 300 Mitarbeiter bilden ein interdisziplinäres Team aus Naturwissenschaftler:innen und Ingenieur:innen der verschiedensten Fachrichtungen. Das Unternehmen verfügt aktuell über 12 Standorte in Deutschland sowie ein Tochterunternehmen in Österreich.

Notifizierungen

Die Müller-BBM Industry Solutions GmbH ist gemäß § 29b des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) als sachverständige Stelle bekannt gegeben. Die Bekanntgabe umfasst

- die Ermittlung der Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen, Geräuschen und Erschütterungen
- die Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus und der Funktion sowie die Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Emissionsmeseinrichtungen
- die Überprüfung von Verbrennungsbedingungen

Akkreditierungen

Unsere Prüf- und Kalibrierlaboratorien sind nach ISO/IEC 17025 akkreditiert:

- Prüflaboratorium für Schall und Schwingungen, elektromagnetische Felder und Licht, Immissionsschutz und Gefahrstoffe
- Kalibrierlaboratorium für Beschleunigung und akustische Messgrößen

Sachverständigentätigkeit

Die Müller-BBM Industry Solutions GmbH verfügt über eine Vielzahl von Mitarbeitenden mit personengebundenen Kompetenzbestätigungen. Dazu gehören öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige, staatlich anerkannte Sachverständige sowie anderweitig bestellte und bekanntgegebene Sachverständige.

Alle Informationen zu unseren Kompetenzbestätigungen finden Sie unter <http://www.muellerbbm.de/qualitaet/>.