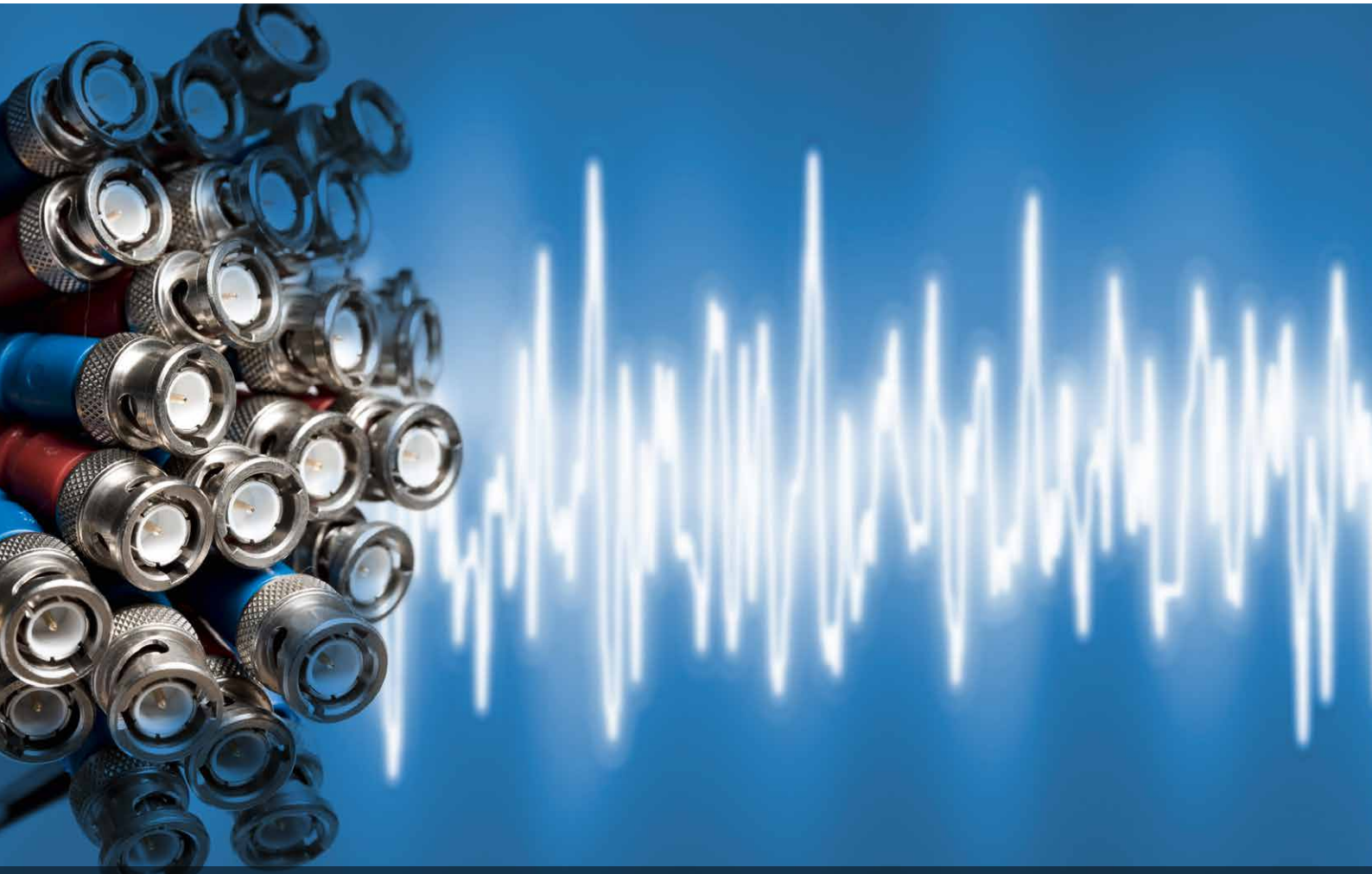


# MÜLLER-BBM



Zustandsanalyse · Geräuschanalyse · Designvalidierung · Strukturoptimierung

## Vielkanalmesstechnik

[www.MuellerBBM.de](http://www.MuellerBBM.de)

# Vielkanalmesstechnik von Müller-BBM – Ihr Schlüssel zu mehr Qualität, Leistung und Sicherheit

Die Entwicklung, Optimierung, Bewertung und Überwachung von Maschinen, Fahrzeugen und Bauteilen erfordert häufig eine präzise Kenntnis des dynamischen Systemverhaltens. Dazu müssen die regulären Betriebszustände oder die Systemantwort auf ein definiertes Anregungssignal (z. B. Impulshammer, Shaker) anhand relevanter physikalischer Messgrößen simultan an einer Vielzahl von Messpositionen beobachtet werden.



## Messung im Betriebseinsatz

Nutzen Sie die Vielkanalmessung an Maschinen oder Fahrzeugen im regulären Betriebszustand für eine Designvalidierung und mögliche Verbesserungen.

Um das Systemverhalten dem Betriebszustand eindeutig zuordnen zu können, werden neben den relevanten Luft- und Körperschallgrößen auch die jeweiligen Betriebsparameter aufgezeichnet. Die Datenübertragung erfolgt dabei gegebenenfalls telemetrisch, wie zum Beispiel bei der Analyse rotierender Bauteile.

Steht die Betriebsfestigkeit einzelner Bauteile im Vordergrund, lassen sich anhand von Dehnungsmessungen gezielt Belastungskollektive ermitteln. Mit diesen kann dann beispielsweise eine rechnerische Lebensdauerabschätzung der Bauteile durchgeführt werden.

## Messtechnik

Vielkanalige Messsysteme für schwingungstechnische Untersuchungen und akustische Analysen erfassen hochpräzise dynamische Daten und analysieren diese in Echtzeit.

Das PAK-System unserer Schwesterfirma Müller-BBM VibroAkustik Systeme ist ein kompaktes modulares Mess- und Analysesystem für hochstandardisierte, genormte Aufgaben, aber auch für den flexiblen Einsatz beim Troubleshooting.

Intelligente Controller und eine integrierte Signalkonditionierung sowie Eingänge für Spannungssignale und Digital-Audio ermöglichen dynamische Messungen mit nahezu unbegrenzter Kanalzahl und Abtastraten bis 204 kHz mit 24 Bit Quantisierung pro Kanal. Neben einer Vielzahl analoger Messgrößen können zeitsynchron digitale Kanäle wie CAN, FlexRay™ und EtherCAT® erfasst und analysiert werden. Optional steht eine Datenspeicherung im Messgerät zur Verfügung.

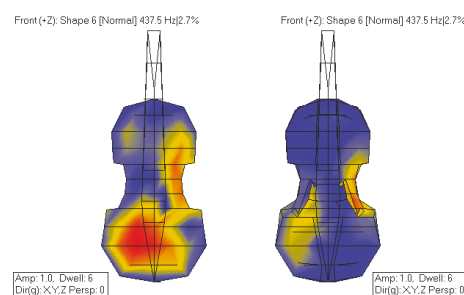
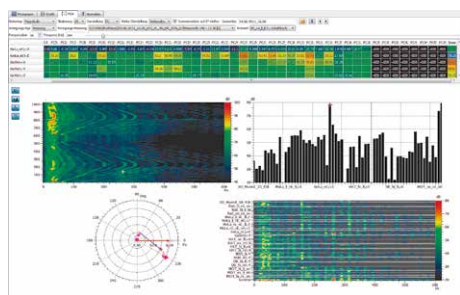
## Array-Messtechnik

Mit der Array-Messtechnik können wir Schallquellen vielseitig und effizient orten und bewerten. Wir setzen sie beispielsweise an Fahrzeug- und Motorprüfständen, im Rahmen von Vorbeifahrtmessungen, bei der Untersuchung großer (Industrie-)Anlagen sowie sonstiger Maschinen und ihrer Komponenten ein.

Aus den Signalen einer räumlich ebenen Mikrofonanordnung können wir die Verteilung der Quellstärke in einer zur Mikrofonebene parallelen Quellebene direkt berechnen, wobei das numerisch realisierte Beamforming das zeitaufwändige mechanische Schwenken des Brennpunkts bei der Abtastung mit einem Richtmikrofon überflüssig macht.

Die Lage und Stärke einzelner Quellen kann anhand farbiger Konturgrafiken in Echtzeit visualisiert und somit auch im Fall zeitlicher oder räumlicher Variationen objektiv beurteilt werden.

Dabei führt eine erhöhte Datendichte nicht automatisch zu besseren Informationen. Der Weg zum Erfolg führt hier über genaue Kenntnis des zugrunde liegenden Systems und eine optimale Messvorbereitung, besonders hinsichtlich der Art, Anzahl und Positionierung der Sensoren. Daran schließen sich die problemspezifische Analyse sowie die Interpretation und Verdichtung der Messdaten an.



### Transferpfad-Analyse /-Synthese

Die Transferpfad-Analyse (TPA) bestimmt die Übertragungscharakteristik der Luft- und Körperschallpfade, um mit den gewonnenen Erkenntnissen die relevanten Übertragungswege zu identifizieren und wirksam zu optimieren.

Mit der Verknüpfung von Quellmessungen und Übertragungsfunktionen in der Transferpfad-Synthese (TPS) können die Pfadbeiträge zum Antwortsignal berechnet und in einem Ranking abgebildet werden. Für die Bewertung des Einflusses einer Pfadmodifikation auf das Antwortsignal wird mit der Response Modification Analysis (RMA) zusätzlich die Pfadsensitivität bestimmt. Der Beitrag einzelner abstrahlender Flächen zum Gesamtschall an der Antwortposition lässt sich mit der Flächenbeitragsanalyse darstellen.

Der Anwender profitiert von einem effizienten Arbeiten bei der Strukturoptimierung hinsichtlich der akustischen und schwingungstechnischen Auslegung. Zeitaufwändige und kostenintensive Umbauten am Prüfling werden somit auf ein Minimum reduziert.

### Betriebsschwingungsanalyse (BSA)

Während die Modalanalyse definierte, externe Anregungen verwendet, um die wesentlichen Eigenschaften einer Struktur zu erfassen, untersucht die Betriebsschwingungsanalyse (BSA) das Schwingungsverhalten des Untersuchungsobjekts im laufenden Betrieb.

Obwohl eine eindeutige Trennung von Eigenschaften der spezifischen Anregung und tatsächlichen Struktureigenschaften zumeist nicht möglich ist, liefert die BSA Technik bei vielen Fragestellungen die notwendigen Informationen für eine effektive Problemidentifikation und Optimierung.

Darüber hinaus haben beispielsweise auch Änderungen innerhalb der Massenverteilung oder auftretende Vorspannungen vielfach betriebsbedingte Änderungen des dynamischen Verhaltens einer Struktur zur Folge. Gerade in diesen Fällen lässt sich das tatsächliche Systemverhalten mittels der BSA wirksam beschreiben, wobei die Beurteilung durch die Visualisierung des Schwingungsverhaltens unterstützt wird.

### Experimentelle Modalanalysen

Werden Bauteile und Strukturen mit ihren Eigenfrequenzen angeregt, führen die entstehenden Resonanzen vielfach zu starken Vibrationen, erhöhter Schallemission und im Extremfall zu Beeinträchtigungen der Strukturfestigkeit.

Mit Hilfe der Modalanalyse lassen sich die Eigenfrequenzen, Schwingungsformen und Dämpfungseigenschaften einer Struktur gezielt bestimmen und somit die Ursachen der unerwünschten Vibrationen identifizieren.

Die Visualisierung der Eigenschwingformen in ihrem Bewegungsablauf unterstützt die intuitive Entwicklung wirkungsvoller Optimierungsmaßnahmen, die beispielsweise in Form von Versteifungen, zusätzlichen Massen oder Änderungen des Dämpfungsverhaltens eingebracht werden. Dabei kann die Wirkung einzelner Modifikationen mittels der dynamischen Strukturmodifikations-Technik schon im Modell bewertet werden. Deshalb hilft die experimentelle Modalanalyse schon in frühen Entwicklungsstadien, durch den Vergleich mit den Ergebnissen numerischer Berechnungen potentielle Schwachstellen im Design zu erkennen und zu vermeiden.

Müller-BBM verfügt über langjährige Erfahrung in der Vielkanalmesstechnik. Einige Beispiele für ihre vielfältigen Einsatzmöglichkeiten zeigen die hier skizzierten Anwendungsbeispiele. Wir würden uns freuen, auch Ihnen eine maßgeschneiderte Lösung für Ihre Fragestellungen anzubieten.



## Monitoring-Systeme

Die Vielkanalmesstechnik ermöglicht auch eine fortlaufende Überwachung von Maschinen und Prozessen (Monitoring).

Im einfachsten Fall werden anhand der Messgrößen (wie Luft- oder Körperschallpegel) Grenzwertüberschreitungen angezeigt und dokumentiert. Auch für das kontinuierliche Monitoring der akustischen Eigenschaften von Fahrzeugbelägen setzen wir die Vielkanalmesstechnik ein.

Umfassendere Prozess- oder Zustandsbeurteilungen ermöglichen wir mit einer anwendungsspezifischen Signalauswertung. So informiert das von Müller-BBM entwickelte Monitoring-System zur Maschinenüberwachung auf Schiffen den Operator per Rot/Grün-Anzeige in einem Schiffsschema kontinuierlich über den Körperschallzustand. Aus Letzterem wird zusätzlich eine Prognose des abgestrahlten Wasserschalls berechnet.



## Bestimmung von akustischen Materialparametern im Prüfstand

Akustische und schwingungstechnische Materialuntersuchungen sind heute ein wichtiger Bestandteil der Produktentwicklung und -simulation. Wenn sich Eingangsgrößen der Simulationsmodelle nicht aus geometrischen oder elementaren Materialparametern herleiten lassen, ermitteln wir sie messtechnisch mit der Vielkanalmesstechnik. Diese kann Parameter wie z.B. Dämpfungsverlustfaktor, Absorptionsgrad und Strömungswiderstand, Impedanz oder Admittanz, Abstrahlgrad, Schalldämmmaß, dynamische Transfersteifigkeit sowie Kopplungsverlustfaktoren liefern. Bei Müller-BBM werden die Messungen individuell auf das jeweilige Produkt abgestimmt und die Eingangsparameter der Berechnungsmodelle auf der Grundlage genormter Messverfahren ermittelt. So können die Produktentwickler ihre Simulationsmodelle realitätsgetreu entwickeln, kalibrieren und validieren. Die Experten von Müller-BBM beraten Sie umfassend bei der Auswahl der richtigen Messparameter.



## Schallleistungsmessung

Um die Geräuschemission einer Komponente oder Maschine objektiv zu beurteilen, wird meist der Schallleistungspegel herangezogen, da dieser eine produktspezifische, von den akustischen Eigenschaften des Aufstellungsraums unabhängige Kenngröße darstellt.

Müller-BBM misst Schallleistungspegel in Übereinstimmung mit internationalen Normen. Dazu verfügt das Unternehmen über spezielle reflexionsarme Prüfräume, die sich durch ein besonders niedriges Fremdgeräusch auszeichnen. Wenn das Prüfteil eine stark inhomogene Abstrahlcharakteristik aufweist, dienen zahlreiche, auf einer vorgegebenen Hüllfläche gemessene Schalldruckpegel zur Berechnung des Schallleistungspegels.

Die Vielkanalmesstechnik reduziert dabei den experimentellen Aufwand drastisch, weil alle relevanten Aufpunkte simultan gemessen werden. Sie erlaubt zudem den Einsatz der Schallleistungsmessung zur fortlaufenden Bewertung im Rahmen der Produktoptimierung.

# Beispiele für Anwendungen aus der Projektarbeit

## Schienenfahrzeuge

- Untersuchung des Eigenschwingverhaltens der Rotoren von Antriebsmotoren, des Zusammenspiels Motor/elektrische Motorsteuerung/Antriebsstrang, Aufzeichnung der Signale rotierender Beschleunigungsaufnehmer, Visualisierung der Drehschwingungen
- Lärmmanagement für Schienenfahrzeuge (Beiträge stationär betriebbarer Komponenten, Teilschallquellenanalyse, Maßnahmenbeurteilung, Bestimmung der dynamischen Steife von Koppellementen)
- Abnahmemessungen innen und außen
- Strukturanalysen an Wagen und Drehgestellen

## Fahrzeuge

- Übertragungswege der akustisch relevanten Teilquellen
- Beurteilung akustischer Maßnahmen
- Ortung geräuschdominierender Komponenten bei der Vorbeifahrt
- Detailuntersuchungen, z. B. Reifen/Fahrbahnbereich

## Schiffe

- Überprüfung einer Vielzahl von ausgewählten Messpunkten zur globalen Zustandsbestimmung
- Sichtbarmachen und Untersuchen von schädlichen Vibrationen im Resonanzbereich von Strukturen, z. B. Propeller

## Haushaltsgeräte und Werkzeuge

- Gesamtgeräusch- und Schwingungsbeurteilung z. B. von Waschmaschinen, Staubsaugern, handgeführten Geräten und anderen Maschinen

## Industrielle Anlagen

- Petrochemische und andere Prozessanlagen, Rohrleitungsschwingungen
- Industrielle Großmaschinen, Zustandsanalysen, Fundamentalschwingungen

## Gebäude und Verkehr

- Erschütterungsmessungen in Gebäuden
- Automatische Überwachung von Baumaßnahmen hinsichtlich Erschütterungen
- Messung von Erschütterungsemissionen an unter- und oberirdischen Bahnanlagen, Straßenverkehr, industrielle Anlagen und Sprengungen
- Messung und Monitoring akustischer Eigenschaften von Fahrbahnbelägen

## Bau

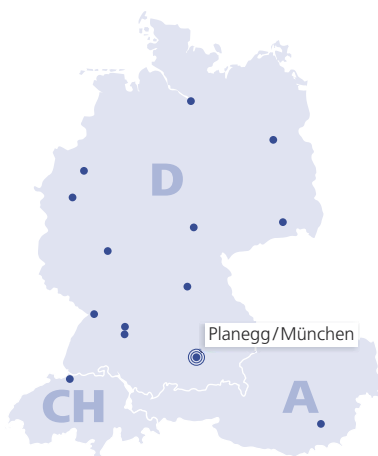
Bauakustik  
Raumakustik  
Medien- und Kommunikationstechnik  
Thermische Bauphysik  
Bauklimatik  
Nachhaltigkeit  
Brandschutz  
Baudynamik  
Gebäudeschadstoffe

## Umwelt

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

## Technik

Fahrzeugakustik  
Schiffsakustik  
Bahntechnik  
Industrie- und Anlagenakustik  
Maschinenakustik und Maschinendynamik  
Psychoakustik  
Mobilkommunikation  
Produktprüfungen



## Hauptsitz

Müller-BBM GmbH  
Robert-Koch-Straße 11  
82152 Planegg/München  
Telefon +49 89 85602-0  
Telefax +49 89 85602-111

[www.MuellerBBM.de](http://www.MuellerBBM.de)

## Umfassende Lösungen aus einer Hand

### Beratung · Planung · Messung · Gutachten · Forschung

Die Müller-BBM GmbH ist eine Tochtergesellschaft der Müller-BBM Holding 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 400 Mitarbeiter bilden ein interdisziplinäres Team aus Architekten, Naturwissenschaftlern und Ingenieuren der verschiedensten Fachrichtungen. Das Unternehmen verfügt aktuell über 12 Standorte in Deutschland sowie Tochterunternehmen in Österreich und in der Schweiz.

### Notifizierungen

Müller-BBM ist gemäß § 29 b 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

Müller-BBM ist befugt, als Prüflabor Aufgaben eines unabhängigen Dritten zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit gemäß Verordnung (EU) Nr. 305/2011 (Bauproduktenverordnung) wahrzunehmen.

### Akkreditierungen

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

- Prüflaboratorium für Schall, Schwingungen, elektromagnetische Felder und Licht
- Prüflaboratorium Immissionsschutz, Gefahrstoffe und Chemische Analytik
- Akustisches Prüflaboratorium für Materialien, Bauteile und Geräte
- Kalibrierlaboratorium für Beschleunigung und akustische Messgrößen

### Sachverständigentätigkeit

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

Hinweise zum Umfang, zur internationalen Gültigkeit und zu den Urkunden finden Sie auf unserer Webseite unter <http://www.muellerbbm.de/qualitaet/>.