

# MÜLLER-BBM



Akustikmanagement – Prognosen – Messungen – Analysen

## Schienerfahrzeugakustik

Know-How und Erfahrung in der Vibro-Akustik

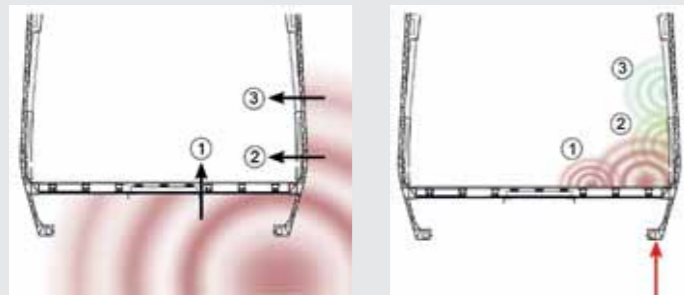
[www.MuellerBBM.de](http://www.MuellerBBM.de)

# Unsere Expertise

Die Ingenieurgesellschaft Müller-BBM ist auf allen Gebieten der Akustik und Schwingungstechnik aktiv und beschäftigt sich seit Jahrzehnten mit der Bahn- und Schienenfahrzeugakustik. Als etablierter Partner der Bahnindustrie verstehen wir unsere Kunden und deren Bedürfnisse und bieten maßgeschneiderte Leistungen und Lösungen an.



m|wheel: Radrauheitsmessung



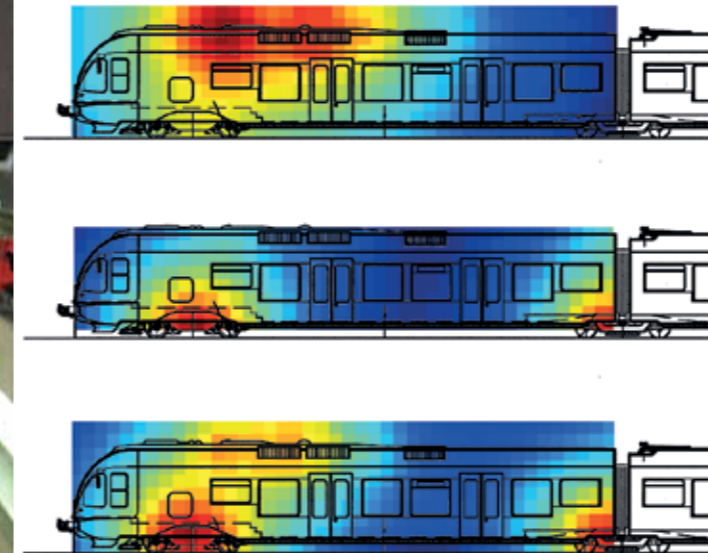
Rechnerische Prognose der Beiträge des Luftschalls (links) und des Körperschalls (rechts) von Boden ①, unterer Seitenwand ② und oberer Seitenwand ③



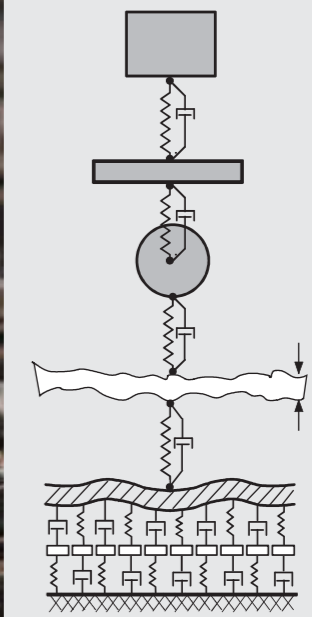
Rechnerische Prognose des Innengeräuschs



Experimentelle Untersuchung



Prognose des Außengeräuschs



Wagenkasten und Drehgestell

Rad

Unebenheit von Rad und Schiene: parametrische Anregung

Schiene

Schwelle

Untergrund

RIM: Rechnerische Prognose des Rollgeräuschs und der Erschütterungen

## Vibro-akustisches Know-How und langjährige Erfahrung für Ihre Fahrzeugentwicklung

Die Entwicklung von Schienenfahrzeugen ist ein komplexer Prozess, in dem vielfältige – teilweise auch gegensätzliche – Anforderungen erfüllt werden müssen. Neben Sicherheit, Brandschutz, Gewicht, Energieverbrauch und Wartungsfreundlichkeit sind vibro-akustische Anforderungen ein wichtiger Bestandteil der Entwicklung.

Innen- und Außengeräusche wie auch die Sprachverständlichkeit im Zug sind wesentliche Kriterien für die Planung und den Bau neuer Schienenfahrzeuge.

Müller-BBM bringt vibro-akustisches Know-How in den unterschiedlichsten Phasen der Entwicklung ein.

In der Konzeptphase unterstützen wir Hersteller von Schienenfahrzeugen bei der Definition akustischer Ziele und bei deren unmissverständlicher Umsetzung in Lastenheften und Einzelspezifikationen.

In der Entwicklungsphase führen wir im Rahmen des sogenannten Akustikmanagements rechnerische Prognosen durch, überprüfen kontinuierlich die Erreichung der Akustikanforderungen und entwickeln gemeinsam mit Ihnen die passenden akustischen Maßnahmen.

Umfangreiche messtechnische Untersuchungen an Bahnen geben uns einen Erfahrungsschatz, mit dem wir die in der Planung erhaltenen Ergebnisse laufend auf Plausibilität prüfen können. Mit effektiven messtechnischen Analyseverfahren, wie beispielsweise der Transferpfad-Analyse, erhalten wir tiefe Einblicke in das dynamische und akustische Verhalten von Schienenfahrzeugen.

In unserem akkreditierten Prüflaboratorium prüfen wir kontinuierlich Komponenten von Schienenfahrzeugen, wie beispielsweise Türen und Übergänge und Geräuschquellen wie Getriebe oder Lüftungstechnische Anlagen.

Gemeinsam mit der DB haben wir ein rechnerisches Verfahren für die Prognose des Rollgeräusches und der Erschütterungen von Bahnen (RIM) entwickelt.

Müller-BBM hat außerdem ein Verfahren für die rechnerische Prognose des Innengeräusches etabliert, das bis heute in allen Akustikmanagementprojekten eingesetzt wird und sich als effektives Tool bewährt hat.

Durch die Mitarbeit in Forschungsprojekten schreiben wir das Wissen auf dem Gebiet der Bahnakustik kontinuierlich fort. Als aktives Mitglied in den einschlägigen Gremien und Verbänden sorgen wir auch in der Normungsarbeit dafür, den Stand der Technik voranzutreiben.

## Unsere Expertise im Überblick

- Vibro-akustische Beratung für die gesamte Fahrzeugentwicklung: von der Konzeptphase über die Begleitung während der Entwicklung bis zur Inbetriebsetzung und Zulassung
- Rechnerische Akustik-Prognose auf Basis des aktuellen Konstruktionsstandes
- Strukturdynamische Analysen
- Unsere umfangreiche messtechnische Ausrüstung und z. T. selbst entwickelte Messgeräte ermöglichen die Anwendung unterschiedlichster Analyseverfahren
- Beratung für alle Arten von Schienenfahrzeugen: Lokomotiven, Vollbahnfahrzeuge, Hochgeschwindigkeitszüge, Trams und U-Bahnen

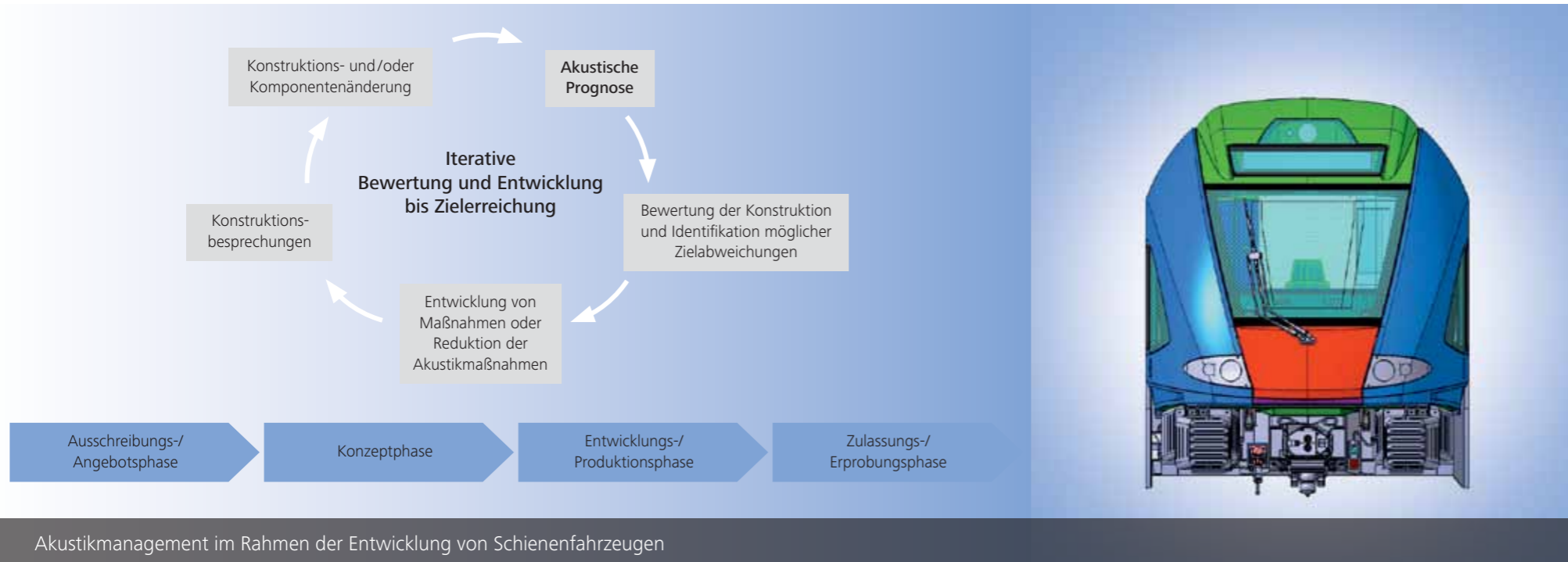
Das Müller-BBM-Prüflaboratorium „Schall und Schwingungen“ ist für alle einschlägigen akustischen und schwingungstechnischen Prüfungen an Schienenfahrzeugen und Schienenfahrwegen nach ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Außerdem betreibt Müller-BBM ein eigenes, DAkkS-akkreditiertes Kalibrierlaboratorium für Beschleunigung und akustische Messgrößen.



# Unsere Leistungen

Müller-BBM berät Sie in allen Phasen Ihres Projekts: von den ersten Fahrzeugkonzepten über die eigentliche Entwicklung bis zur Abnahme und Zulassung der Fahrzeuge sind wir mit unserer Schienenfahrzeug-Expertise für Sie da, wenn es um vibro-akustische Fragestellungen geht.



## Akustikmanagement

Durch sorgfältiges Akustikmanagement kann die Erreichung der akustischen Ziele abgesichert werden. Die Entwicklung anforderungsspezifischer Konstruktionen ermöglicht technisch und wirtschaftlich bessere Lösungen. Unser Ziel ist ein stimmiges Gesamtkonzept, das neben der Akustik auch alle anderen Anforderungen erfüllt.

Das Akustikmanagement erlaubt:

- die Begutachtung des Fahrzeugkonzeptes hinsichtlich der Erreichung der akustischen (Kunden-) Anforderungen
- die kontinuierliche Überprüfung, ob die Zielwerte erreicht werden
- die Identifikation kritischer Betriebszustände und der zugehörigen Quellen und Übertragungswege
- die Definition akustischer Zielwerte für Einzelkomponenten

Prognoserechnungen

- Schalldruckpegel innen (Fahrgastraum, Fahrerraum)
- Luft- und Körperschall bei Stillstand und bei Fahrt auf freier Strecke oder im Tunnel
- Schalldruckpegel außen
- Sprachverständlichkeit

Beratung

- Beratung hinsichtlich akustisch optimierter und schwingungsarmer Konstruktionen:
- Auswahl von Materialien, Komponenten und möglichen Maßnahmen
  - Vorschläge für akustisch optimierte Lösungen und schwingungsarme Konstruktionen
  - rechnerische und experimentelle Ausarbeitung von Maßnahmen

Komponententests

- Durchführung von Komponententests bei Ihnen, in unseren Prüfständen oder direkt an einem Fahrzeug, beispielsweise:
- Schalleistungspegel von Komponenten
  - Kraftpegel (Betriebskräfte, Blocked Forces)
  - Schalldämm-Maße von Komponenten wie z. B. Einstiegstüren, Fenster oder Übergangssysteme
  - Maschinenschwingungen

## Fahrzeugzulassung

Abnahmemessungen an Schienenfahrzeugen:

- Außengeräusch
- Innengeräusch
- Sprachverständlichkeit der Durchsageanlagen (RASTI, STIPA)
- Fahrkomfort
- Erschütterungen von Schienenfahrzeugen
- Kraftdichtespektrum von Schienenfahrzeugen
- Rauheit der Radlaufflächen

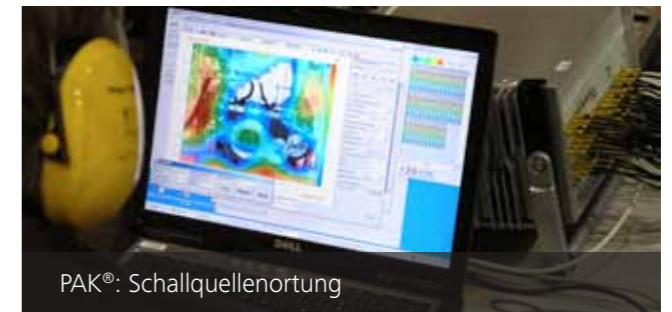
Abnahmemessungen an Schienenfahrwegen:

- Schienenabklingrate
- Schienenrauheit



# Unsere Verfahren

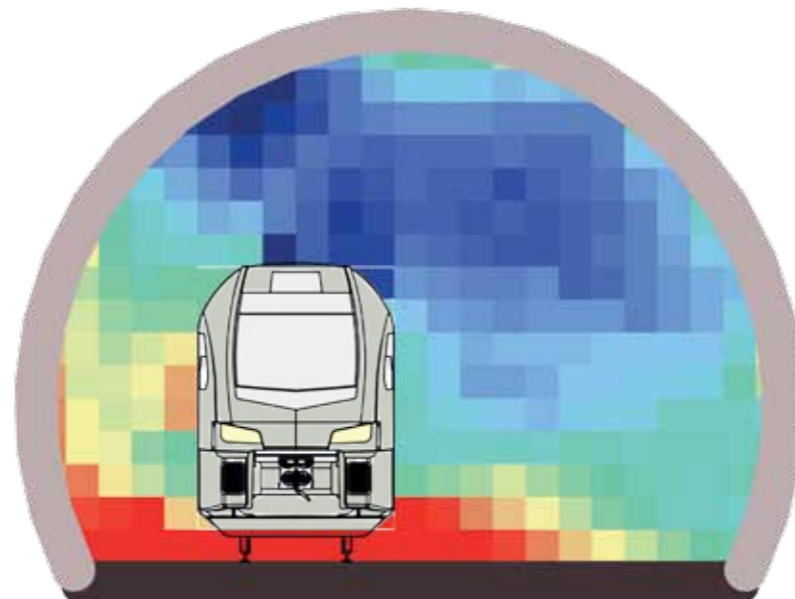
Unsere langjährige Erfahrung im Bereich der Schienenfahrzeugakustik ist eingeflossen in die Entwicklung eigener, bewährter Methoden und Tools. Außerdem verfügen wir über eine umfangreiche Akustikdatenbank von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugkomponenten für alle Arten von Schienenfahrzeugen.



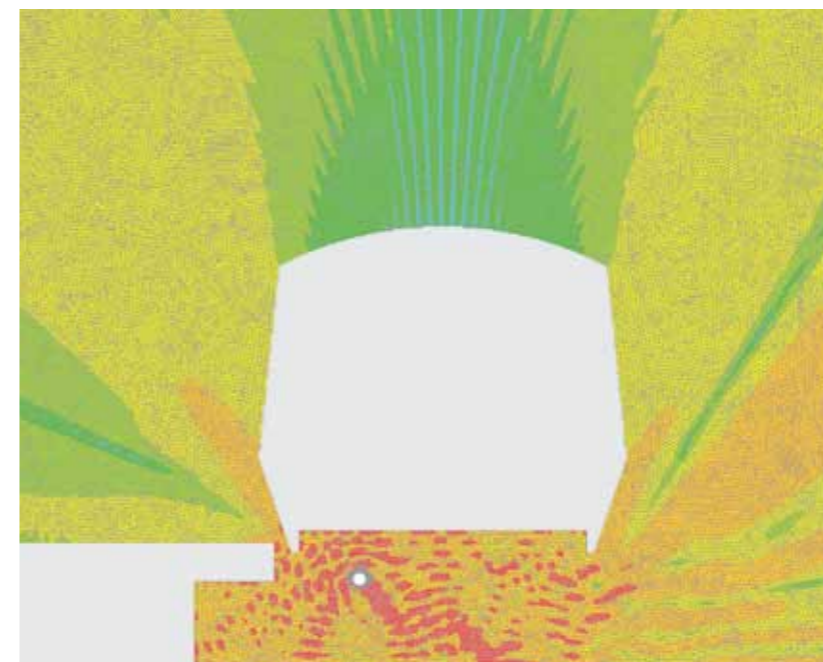
PAK®: Schallquellenortung



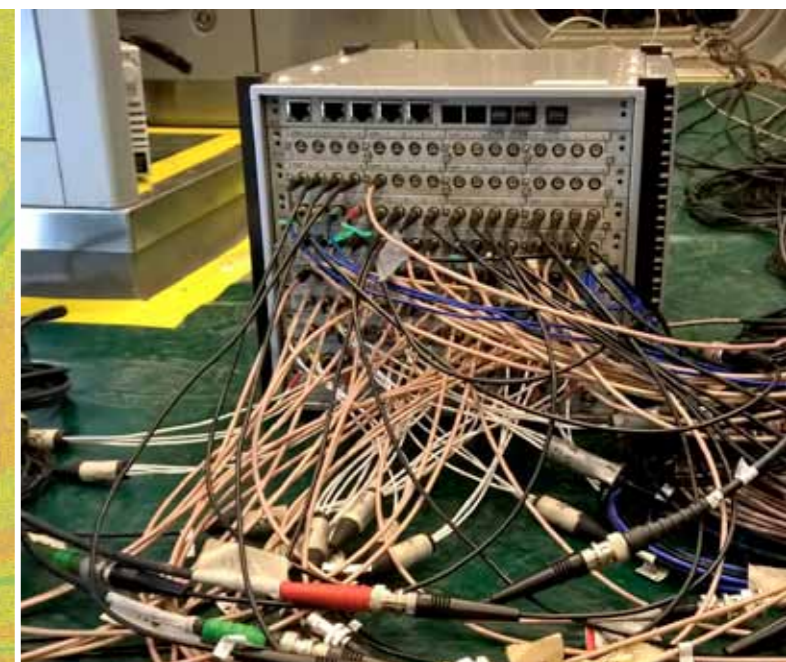
Untersuchung an einem gummitgefederten Radreifen



Ray-Tracing: Simulation des Schalldrucks bei Fahrt im Tunnel



Finite-Elemente-Verfahren: Dämpfung einer Bahnsteigkante



Messaufbau OTPA

Die Beantwortung Ihrer Fragestellung und die Erarbeitung von akustischen Maßnahmen steht für uns im Fokus unserer Arbeit. Wir erarbeiten hierfür ein effektives Analysekonzept, das zu den Randbedingungen Ihres Projekts passt.

Unterschiedliche experimentelle, rechnerische und numerische Analysemethoden sind im Hause verfügbar. In unseren Prüfständen können wir Materialien, Komponenten oder Geräte akustisch untersuchen oder prüfen.

## Messtechnik

- Moderne und umfangreiche Ausrüstung für Vielkanalmesstechnik:
  - diverse Messgrößen/Sensorik (Druck, Dehnung, Weg, Kraft, Geschwindigkeit, Drehzahl etc.)
  - vielkanalig: typischerweise 16–48 Kanäle, auch 200 Kanäle oder mehr sind möglich
  - Zeitsynchronisation unterschiedlicher Messsysteme
- Laser-Scanning
- Array-Messtechnik
- Schallintensitätsmesstechnik
- Dauermessungen, auch während des regulären Betriebs

## Moderne Analysetools

- Transfer-Pfad-Analyse (klassische TPA) und operationelle Transfer-Pfad-Analyse (OTPA)
- Modalanalyse
- Schallquellenlokalisierung (Arraymesstechnik)
- Drehschwingungsanalysen
- Psychoakustische Analysemethoden
- FEMtools für Finite-Elemente-Berechnung und Model updating

## Prüfstände (Auswahl)

- Prüfstand zur Bestimmung der dynamischen Federsteife (z. B. für Lager oder Unterschottermatten)
- Fußbodenprüfstand/Wandprüfstand für die Bestimmung des Schalldämm-Maßes von kompletten Bodenstrukturen, Türen oder anderen Bauteilen
- Hallraum und Hallkabine zur Bestimmung des Schallabsorptionsgrads
- Grundgeräuscharmer reflexionsarmer Halbraum zur Bestimmung der Schallleistungspegel von Komponenten
- Prüfstand für Körperschalldämpfung

## Rechnerische Verfahren

- Hybridmodell NOMAC von Müller-BBM entwickeltes Prognosewerkzeug für die Berechnung von Luft- und Körperschallbeiträgen zum Fahrzeuginnengeräusch
- Ray-Tracing für die Berechnung der Sprachverständlichkeit und der örtlichen Verteilung des Schalldrucks im Fahrzeuginnenraum
- Statistische Energie-Analyse (SEA) zur Berechnung der Schalldämmung
- Methoden gemäß ISO 9613-2 zur Berechnung des Außengeräuschs
- Rand-Elemente-Methode (REM) zur Berechnung der Schallabstrahlung
- Rad-Schiene-Impedanzmodell RIM zur Prognose des Vorbeifahrgeräusches, der Pegelanteile von Rad, Schiene und Schwelle sowie zur Prognose der Körperschallschnellen auf den Komponenten
- Finite-Elemente-Methode (FEM) für strukturdynamische Berechnungen

## 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](http://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/>.