



Mehr Fahrgastkomfort durch verbesserte Drehgestelle

Messungen an Schieneninfrastruktur und
Strukturdynamik in dynamischer Messumgebung

imc Test & Measurement
Application Note

Einleitung

Die Modernisierung des Schienenverkehrs erfordert mehr als nur neue Züge – sie verlangt strenge Prüfungen der strukturellen Integrität und des Fahrgastkomforts unter realen Betriebsbedingungen. Im Zuge der Weiterentwicklung der indonesischen Eisenbahninfrastruktur haben Kereta Api Indonesia (KAI), das Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) und die Nationale Forschungs- und Innovationsagentur (BRIN), insbesondere das PRTT BRIN (Pusat Riset Teknologi Transportasi) sowie das Labor für Aerodynamik, Aeroelastizität und Aeroakustik eine strategische Zusammenarbeit beschlossen. In diesem Rahmen wurde eine umfassende Testkampagne im realen Fahrbetrieb durchgeführt. Dabei wurden Geräuschpegel, Schwingungen und GPS-Daten im Fahrgastraum während der Fahrt synchron erfasst. Die gewonnenen Messdaten ermöglichen eine ganzheitliche Bewertung von Fahrkomfort und Fahrzeugdynamik und schaffen gleichzeitig eine Grundlage für die weitere Verbesserung des Fahrgastkomforts.

“Durch die Kombination von imc-DAQ-Systemen mit GRAS-Mikrofonen können wir Geräusch-, Schwingungs- und GPS-Daten präzise synchronisieren und mit bestimmten Gleisbedingungen in Zusammenhang bringen. FAMOS ermöglicht dann eine effiziente Analyse der Messdaten.”

Ein Mitglied des Projektteams

Die Herausforderung

NVH-Messungen unter komplexen Voraussetzungen

Bei der Bewertung des Geräusch- und Schwingungsverhalten der Züge, legte das Testteam klare Ziele fest: den Fahrgastkomfort zu validieren, internationale Normen einzuhalten, was mit einer synchronen Messdatenerfassung über verschiedene Signaltypen gewährleistet werden sollte.

Die größte Herausforderung lag in der Vielfalt der Bahninfrastruktur, des Bahnbetriebs und der geografischen Bedingungen. Die Messkampagne erforderte eine kontinuierliche Datenerfassung sowie parallel getriggert ausgelöste Messungen, die bei folgenden Bedingungen gestartet wurden:

- Höchstgeschwindigkeit: Bewertung der aerodynamischen Geräusche und der Gleisgeräusche bei Höchstgeschwindigkeit.
- Beschleunigung: Erfassung von Antriebs- und Traktionsgeräuschen.
- Verzögerung: Analyse von Resonanzen und Kräften im Bremssystem.
- Bergauf-Kurven: Bewertung erhöhter Belastungsanforderungen in Verbindung mit Gleiskurven.
- Bergab-Kurven: Analyse des Fahrverhaltens und der Schwerkraftbedingten Geschwindigkeitsanpassung in Gefällskurven.
- Enge Kurven: Messung von Kurvenkreischen beim Rad-Schiene-Kontakt hohen strukturellen Querkräften.

Eine hochpräzise Sensormatrix und - Architektur für die Messdatenerfassung

Um diese komplexen Wechselwirkungen zu erfassen, wurde eine Mikrofon-Sensormatrix nach ISO 3381 über die gesamte Länge eines Personenwaggon genutzt. Zum Einsatz kamen dabei hochpräzise GRAS Mikrofone das imc ARGUSfit Messsystem.

Neben akustischen Signalen wurden Vibrationen und GPS-Daten erfasst. Die verschiedenen Sensortypen, deren Installation im Waggon einer genauen räumlichen Kartierung folgte, wurden von der imc Messhardware zuverlässig integriert, synchron erfasst und mit einem einheitlichen Master-Zeitstempel versehen.

Matrix zur Abbildung des akustischen Profils

- Bodennahe Messung: GRAS 40PH-10 Mikrofone sind nur 10 cm über dem Kabinenboden positioniert, um tieffrequente Körperschallakustik und die Schallübertragung vom Drehgestell in den Innenraum zu erfassen.
- Fahrgastumgebung & Klima (HVAC): Hochpräzise GRAS 46AE 1/2"-Freifeld-Mikrofone werden 20 cm unter dem Wagendach in der Nähe des Klimaanlage-Gebläses platziert, um Emissionen der Klimaregelung zu isolieren. Weitere Mikrofone sind auf einer ergonomischen Fahrgast-Ohrhöhe von 1,2 Metern über dem Boden positioniert (jeweils 20 cm von Fenstern und Einstiegstüren entfernt). Die synchronen Messungen mit bis zu sechs Mikrofonen ermöglichen eine ganzheitliche Bewertung von Fahrgastkomfort, Fahrzeugakustik und deren Wechselwirkung mit der Gleisinfrastruktur.

Mehrachsiges Strukturschwingungen (ISO-Konform)

- Schwingungsprofile werden an drei zentralen Längsverbindungsstellen entlang der Kabinen-Basislinie aufgezeichnet.
- Eine Kombination aus einem dreiachsigen Beschleunigungsaufnehmer und zwei einachsigen Beschleunigungsaufnehmern misst mehrachsige Beschleunigungen (X-, Y- und Z-Vektoren), um die Übertragung von Ganzkörper-Schwingungen von den Gleisen durch das Untergestell zu bewerten.
- Der gesamte Aufbau der Schwingungsmessung und die Datenpipeline sind so ausgelegt, dass sie internationale Normen wie die ISO 2631 strikt einhalten. Dies gewährleistet eine präzise Bewertung der Belastung des Menschen durch Ganzkörper-Schwingungen und des Fahrkomforts.



ABB 1.
Anordnung von
Messmikrofonen im
Fahrgastinnenraum

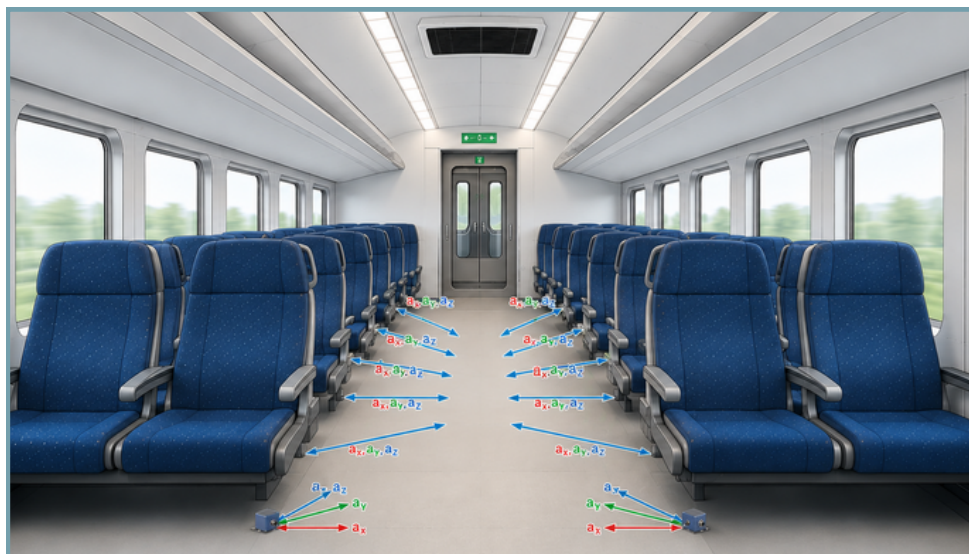


ABB. 2.
Plazierung von
Beschleunigungssensoren
im Fahrgastinnenraum
nach ISO 2631.

Automatisiertes Post-Processing der Messdaten mit FAMOS

Im Anschluss an die Messdatenerfassung erfolgt die Auswertung der Messdaten. Das Team nutzt FAMOS, um die technischen Arbeitsabläufe von der Datenaufbereitung bis zur Darstellung der Ergebnisse weitgehend zu automatisieren. Da FAMOS GPS-Standortkoordinaten integriert, lassen sich dynamische physikalische Daten direkt mit der tatsächlichen Position des Zuges auf der Strecke verknüpfen. Durch die lokalisierte Darstellung beispielsweise von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Schwingungskennwerten lassen sich auffällige Streckenabschnitte unmittelbar geografisch zuordnen. So können beispielsweise die Einfahrt in eine scharfe Kurve, das Erreichen der Höchstgeschwindigkeit oder das Auftreten erhöhter Schwingungs- und Geräuschpegel eindeutig identifiziert werden.

Darüber hinaus ermöglicht FAMOS automatisierte und wiederholbare Batch-Nachbearbeitungsroutinen, bei denen komplexe Analysealgorithmen mit einem einzigen Start für große Datenmengen und sämtliche Messfahrten ausgeführt werden. Manuelle Auswertungsschritte werden so reduziert, die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erhöht und die Analyse von allen sechs Gleiszuständen effizient und reproduzierbar durchgeführt.

Title Image: By Agna ihsan - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=160084639>

© 2026 imc Test & Measurement / All Rights Reserved – Juli 2026

www.imc-tm.com