

# System zur Ausbildung in der Kraftfahrzeug- und Maschinenakustik

Wolfgang Foken, Marco Gnauck, Christoph Eppler

Westfälische Hochschule Zwickau, 08056 Zwickau, Deutschland, Email: wolfgang.foken@fh-zwickau.de

## Einleitung

An der Fakultät Kraftfahrzeugtechnik der Westfälischen Hochschule Zwickau werden Studenten mit den Grundlagen der Fahrzeug- und Maschinenakustik an einem Versuchsstand vertraut gemacht. Ein auf einem „Aggregateträger“ montierter Kompressor, welcher stationär und in Drehzahlrampen betrieben werden kann, eignet sich zur Vermittlung erster grundlegender akustischer Methoden und Darstellungsformen. Durch den Einsatz von Intensitätsmesstechnik bei kontinuierlicher Messung auf einem Hüllquader des Versuchsstandes, aber auch durch diskrete Messungen auf einer Teilfläche können Variationen des Aufbaus und deren akustische Wirkung messtechnisch verifiziert werden. Der Demonstrator ermöglicht somit die Analyse verschiedenster akustischer Problemstellungen, eine zielgerichtete Ableitung und Umsetzung von Maßnahmen und den Nachweis der Wirksamkeit [1].

## Konstruktive Gestaltung

Der Demonstrator besteht im Wesentlichen aus einem Grundrahmen aus Aluminium, über dem sich eine aus Al-Rohren gefertigte Hüllfläche in Form eines Würfels mit einer Kantenlänge von 0,5 m aufspannt. Die Verbindungen erfolgen über Schnellverschlüsse aus der Drucklufttechnik. Der Kompressor als Luft- und Körperschallquelle ist mit elastischen Elementen an den Aggregateträger gekoppelt. Dieser kann über unterschiedliche Verbindungen (Körperschallpfade) mit dem Grundrahmen bzw. mit einer abstrahlenden Fläche verbunden werden. Die Stromversorgung des Kompressors gestattet neben dem stationären Betrieb auch einen Drehzahlhochlauf. Außerdem wird ein Tachosignal zur Verfügung gestellt. Abb. 1 zeigt den Grundaufbau als Foto bzw. CAD Modell.

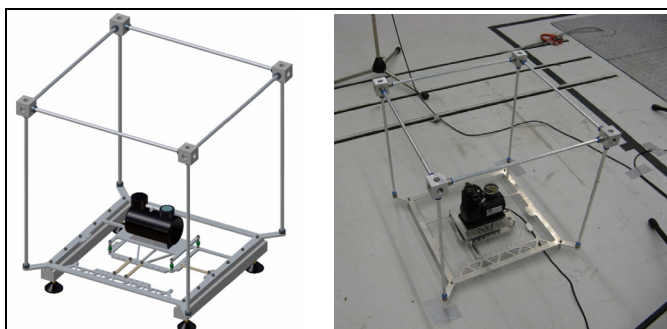


Abb 1: Grundaufbau und CAD-Modell

Der gesamte Demonstrator ist zerlegbar und wird mit Stromversorgung und Anschlüssen in einem Metallkoffer verpackt. Damit kann das System auch im Seminar oder in Vorlesungen für Demonstrationsversuche genutzt werden.

## Schalleistungsmessung und mehr

Der Grundaufbau legt die Nutzung in Versuchen zur Bestimmung der Schalleistung nahe. Das Hüllflächen-Schalldruckverfahren [3] kann dabei sowohl mit einem einfachen Schallpegelmessgerät als auch mit einem mehrkanaligen Messsystem durchgeführt werden. Wesentlich erweiterte Möglichkeiten bietet die Verwendung der Intensitätsmesstechnik (p-p-Sonde).

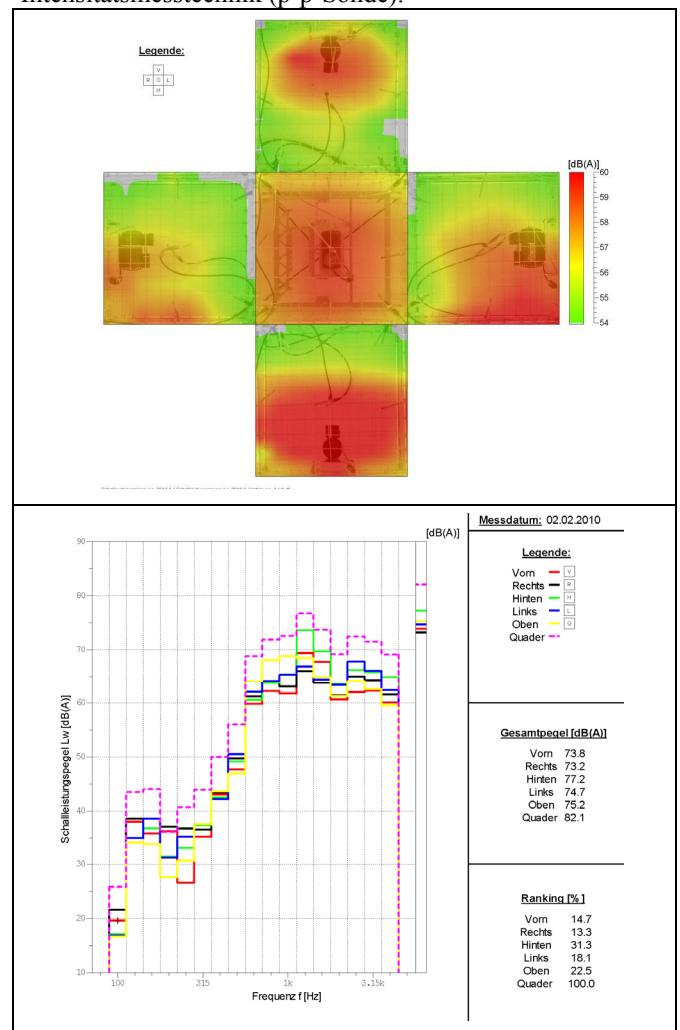


Abb 2: Intensitätsverteilung und Teilfläche-Schalleistung

Abb. 2 verdeutlicht anschaulich diese Möglichkeiten. Einerseits kann über eine punktweise Bestimmung der Intensitäten - bei genügend feinem Raster - die räumliche Richtcharakteristik der Quelle dargestellt werden (Schallfeldkartierung). Andererseits ist die detaillierte Analyse der Schalleistung auf den Teilflächen z. B. in Form einer Terzanalyse möglich. Hierfür genügt das Verfahren entsprechend ISO 9614-Teil 2 (Scanning)[2].

Für sehr vereinfachte Leistungsmessungen ist auch das so genannte 5-Mikrofon-Verfahren einsetzbar, dass zum Beispiel für Fahrzeugmotoren Verwendung findet.

### Analyse dynamischer Vorgänge

Der Kompressor mit seinem Kurbeltrieb liefert im Luft- und im Körperschallbereich neben einem breitbandigen stochastischen Anteil dominante harmonische Ordnungen im niederfrequenten Bereich. Mittels des Tachosignals sind somit dynamische Analysen in Bezug auf Drehzahlrampen möglich. Abb. 3 zeigt die Gesamtschallleistung und die Teilflächen-Schallleistungen während eines Drehzahl-Hochlaufes. Bei der Messung verkörpert die Kurve „Quader“ die über die Flächen gemittelte Gesamtschallleistung.

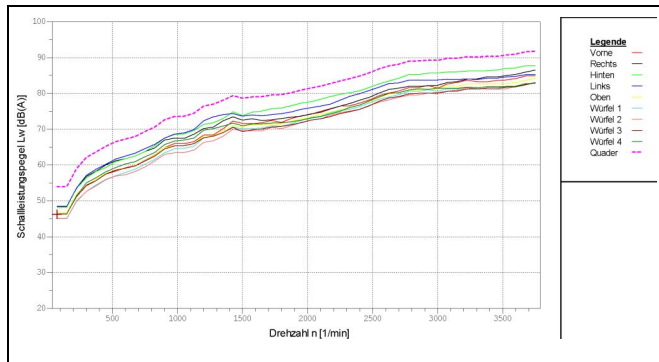


Abb 3: Gesamtschallleistung über der Drehzahl

Je nach messtechnischer und analysetechnischer Ausrüstung sind auch Campbelldiagramme und damit gekoppelte Ordnungsschnitte möglich.

### Weiterführende Analyse

In Abb. 4 ist eine Reihe weiterführender Möglichkeiten zusammengefasst dargestellt. Konstruktiv wurde der Demonstrator durch eine schallabstrahlende Platte ergänzt. Dadurch entstehen neben dem direkten Luftschallübertragungsweg ein oder mehrere, auch unterschiedliche indirekte Körperschallübertragungspfade. Die Abb. zeigt das vor der Platte gemessenen Schalldruckspektrum über der Drehzahl sowie im linken Bildteil den Gesamtpegel und die ersten drei Motorordnungen. Die Darstellung im unteren Bildteil unterstützt das Auffinden von Bauteilresonanzen.

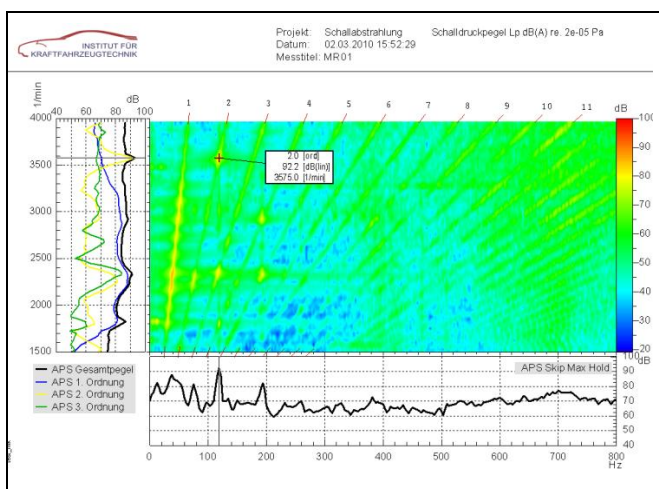


Abb 4: Plattenabstrahlung über der Drehzahl

Eine Ergänzung des Systems zum Beispiel durch Beschleunigungsmessungen an den Aktiv- und Passivseiten der

elastischen Lagerungen des Kompressors ermöglicht die Demonstration der Transferpfadanalyse. Die elastischen Lagerungen sind austauschbar. Die dynamische Lagersteifigkeit kann mit geeigneten Verfahren direkt gemessen werden (Shakeranregung gegen seismische Masse und Messung der Impedanzen).

Ergänzungen sind weiterhin über Verfahren der experimentellen Modalanalyse unterschiedlicher abstrahlender Strukturen sowie durch akustische Simulationsrechnungen zur Schallabstrahlung (BEM) möglich. Der Demonstrator ist dabei ein geeignetes System zum Vergleich von Simulation und Experiment.

### Literatur

- [1] Eppler, Christoph: Untersuchungen zum Einsatz eines Demonstrationsmodells für die Luft- und Körperschallausbreitung. Diplomarbeit, WHZ, 2010
- [2] DIN EN ISO 9614: Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen.
- [3] DIN EN ISO 3744: Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen