

Untersuchungen zu Schallfeldern durch Messung und Simulation

Wilfried Henze¹, Tommy Luft¹, Stefan Ringwelski², Helmut Tschöke¹

¹ Institut für Mobile Systeme, 39106 Magdeburg, E-Mail: wilfried.henze@ovgu.de

² Institut für Mechanik, 39106 Magdeburg, E-Mail: stefan.ringwelski@ovgu.de

Einleitung

Der von einer Struktur abgestrahlte Schall ist sowohl aus gesetzgeberischer Sicht

- Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BImSchV)
- Vorbeifahrtgeräusch (ISO 362)

als auch durch Komfortforderungen von Interesse. Die effiziente Planung und Realisierung von Lärminderungsmaßnahmen erfordern Kenntnisse zur Schallausbreitung. Für die Berechnung von Schallfeldern stehen dem Akustiker sowohl numerische als auch experimentelle (messtechnische) Methoden zur Verfügung. Inwieweit die mit verschiedenen Methoden berechneten Schallfelder und Messungen übereinstimmen, ist Untersuchungsziel.

Vorgehensweise

Als Untersuchungsobjekte dienten eine Stahlplatte als ideale Struktur und ein Zylinderkurbelgehäuse als komplexere Struktur. Die Schallanregung erfolgte durch einen Impulshammer bzw. Shaker. Zur Messung der akustischen Größen Schalldruck bzw. Schallintensität wurden ein Grid-Array mit 32 Mikrofonen (Mikrofonabstand = 50 mm) und ein Combo-Array [1] mit 30 Mikrofonen (Mikrofonabstand \approx 110 mm) genutzt. Zusätzlich wurden die Schallintensitätsmessungen mit dem Grid-Array mittels einer Schallintensitätssonde überprüft. Die Schallfeldberechnung erfolgte mit Hilfe der statistisch optimierten Nahfeldholographie (SONAH) [2] bzw. des Beamforming-Verfahrens (BF). Zur numerischen Simulation wurden die Finite-Element-Methode (FEM) und die Randelementmethode (BEM) verwendet. Untersucht wurden die Schallfelder in vier Ebenen (Objektebene $l_0 = 0$ mm, Nahfeldebene $l_1 = 50$ mm bzw. $l_2 = 110$ mm, Fernfeldebene $l_3 = 500$ mm). Als Untersuchungsfläche wurde jeweils die Messfläche des Grid-Arrays von 350 mm x 150 mm zugrundegelegt. Die entsprechenden Versuchsaufbauten zeigt Abbildung 1.

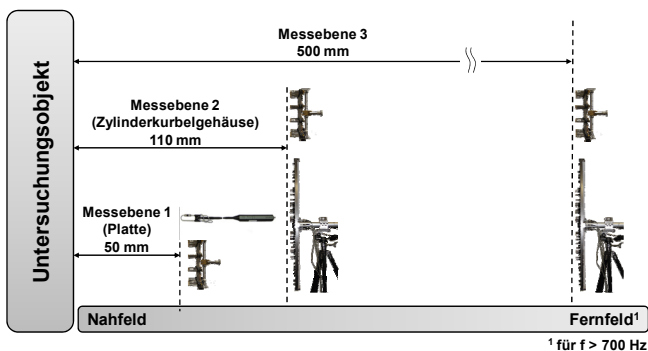


Abbildung 1: Versuchsaufbauten

Untersuchungsergebnisse

Zunächst wurde das Eigenschwingungsverhalten der beiden Untersuchungsobjekte mittels FEM-Simulation berechnet. Die Ergebnisse der Schnelleverteilungen auf der Oberfläche werden den mit der akustischen Nahfeldholographie (SONAH) aus Nahfeldmessungen berechneten Schnelleverteilungen gegenübergestellt. Dabei zeigen die Ergebnisse für die Platte gute Übereinstimmungen zwischen FEM-Simulation und SONAH-Berechnung (Abbildung 2).

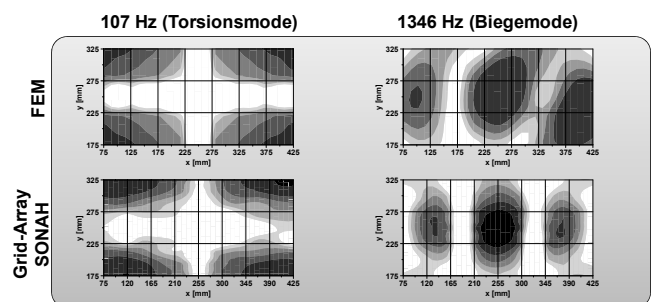


Abbildung 2: Schnelleverteilungen Platte

Beim Zylinderkurbelgehäuse ist durch die nicht ebene Kontur und die dadurch bedingten unterschiedlichen Messabstände ein Einfluss auf die Übereinstimmung der Ergebnisse erkennbar (Abbildung 3).

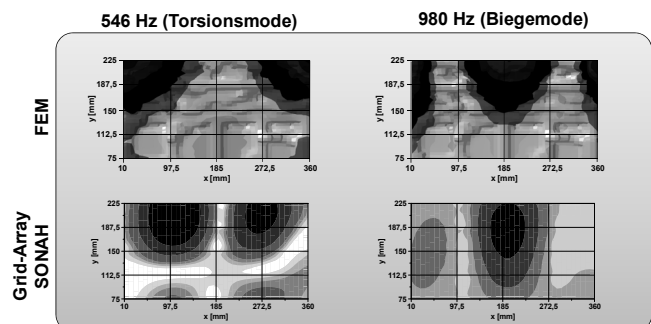


Abbildung 3: Schnelleverteilungen Zylinderkurbelgehäuse

Die Berechnungen der Schalldruckverteilungen auf der Oberfläche mittels BEM-Simulation und aus Nahfeldmessungen (SONAH) bestätigen im Wesentlichen die Ergebnisse der Schnelleverteilungen. Daneben erfolgte die Berechnung der Schalldruckverteilungen aus Fernfeldmessungen (BF), jedoch verfahrensbegrenzt nur für die jeweils höhere Frequenz 1346 Hz (Platte) bzw. 980 Hz (Zylinderkurbelgehäuse) (Abbildung 4). In beiden Fällen kann das Beamformingergebnis nicht zufriedenstellen, da bei den ausgewählten Frequenzen die Auflösung des BF für ein Erkennen der Schwingformen nicht ausreichend ist.

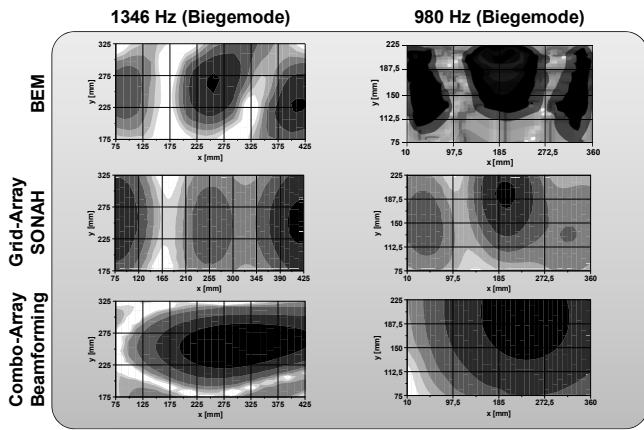


Abbildung 4: Schalldruckverteilungen Platte (1346 Hz) bzw. Zylinderkurbelgehäuse (980 Hz)

Da frühere Untersuchungen mit Lautsprechern [3] eine deutlich bessere Auflösung des BF bei hohen Frequenzen gezeigt haben, wurde am Beispiel der Platte ergänzend die Frequenz 3064 Hz mittels BEM und BF untersucht. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 für zwei Dynamikbereiche dargestellt. In diesem Fall ist eine gute Übereinstimmung zwischen BEM-Simulation und BF-Berechnung erkennbar.

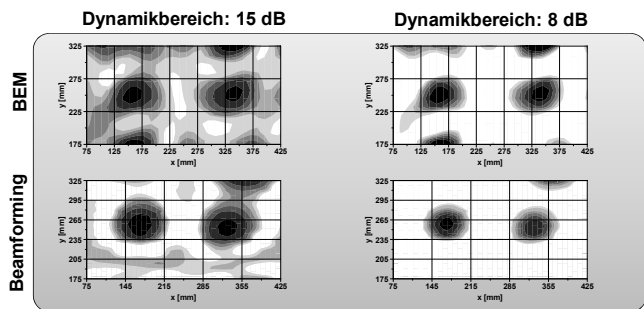


Abbildung 5: Schalldruckverteilungen Platte für 3064 Hz

Nach den Untersuchungen für die Objektebene wurden die Schallfelder für die Nahfeld- und Fernfeldebene betrachtet. Dabei zeigen die Ergebnisse mittels BEM-Simulation, Messung und SONAH-Berechnung im Nahfeld gleichfalls gute Übereinstimmungen (Abbildung 6).

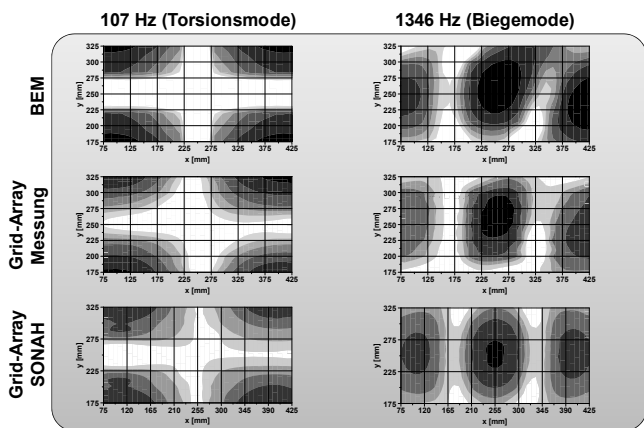


Abbildung 6: Schalldruckverteilungen Platte für die Nahfeldebene $l_1 = 50$ mm

Dagegen sind die Ergebnisse in der Messebene 3 (Abbildung 7) differenziert zu betrachten. Die Platteneigenfrequenz 107 Hz liegt deutlich unter der Grenzfrequenz des für die Untersuchungen genutzten

Messraumes, weshalb das Messergebnis für einen aussagekräftigen Vergleich mit der BEM-Simulation nicht geeignet ist. Hingegen weisen die Ergebnisse für die Platteneigenfrequenz 1346 Hz eine gute Übereinstimmung zwischen BEM-Simulation und Messung auf.

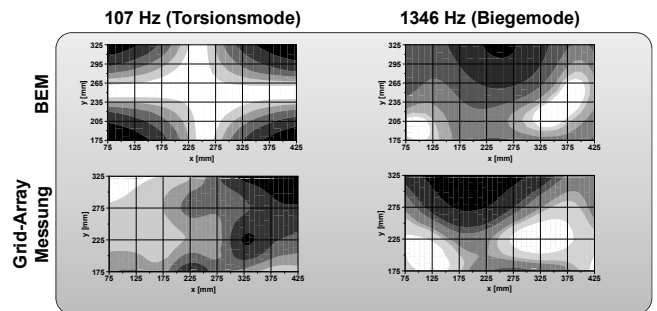


Abbildung 7: Schalldruckverteilungen Platte für die Messebene $l_3 = 500$ mm

Zusammenfassung

Am Beispiel zweier Strukturen wurden durch FEM-/BEM-Simulation und Messung mittels akustischer Nahfeldholographie bzw. Beamforming ermittelte Schallfelder verglichen. Sowohl die numerischen als auch die experimentellen Methoden unterliegen bezüglich ihres Frequenzbereiches Einschränkungen. Gute Übereinstimmungen zeigten sich zwischen den FEM-/BEM-Simulationen und der akustischen Nahfeldholographie. Besonders zur weiteren Verifikation der Untersuchungen im Fernfeld ist die Einbeziehung der Laser-Scanning-Vibrometrie als Referenzverfahren sinnvoll.

Danksagung

Die Arbeit entstand im Rahmen des Projektes „Competence in MObility“, das vom Land Sachsen-Anhalt und dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung unterstützt wird.

Literatur

- [1] Hald, J.: Combined NAH and Beamforming Using the Same Array. Technical Review No. 1 – 2005, Brüel & Kjær, 11 - 39
- [2] Hald, J.: Patch near-field acoustical holography using a new statically optimal method. 32nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering INTERNOISE (2003), CD-ROM
- [3] Henze, W.; Liesegang, M.: Lokalisierung kohärenter und nichtkohärenter Schallquellen mit akustischer Nahfeldholographie und Beamforming. 33. Jahrestagung für Akustik DAGA (2007), 815 - 816