

# Messung und Bewertung der Diffusität des Schallfeldes in einem Hallraum

Hermann Remmers<sup>1</sup>, M. Kappelmann<sup>2</sup> und M. Blau<sup>2</sup>

<sup>1</sup> itap - Institut für technische und angewandte Physik GmbH, Marie-Curie-Str. 8, 26129 Oldenburg, Deutschland,  
Email: remmers@itap.de

<sup>2</sup> FH Oldenburg, Institut für Hörtechnik und Audiologie, Ofener Str. 16-19, 26121 Oldenburg, Deutschland,  
Email: matthias.blau@fh-oldenburg.de

## Einleitung

Am Institut für technische und angewandte Physik (itap GmbH) ist ein normgerechter Hallraum (200 m<sup>3</sup>) gebaut worden, der vor allem zur Bestimmung des Schallabsorptionsgrades von Materialien und zur Messung der abgestrahlten Schallleistung von technischen Schallquellen verwendet werden soll. Die entsprechenden Messverfahren sind in den Normen DIN EN ISO 354 [1] und DIN EN ISO 3741 [2] festgelegt und beruhen auf der Physik der statistischen Raumakustik. Ein möglichst homogenes diffuses Schallfeld ist dabei die wichtigste Voraussetzung für die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messungen.

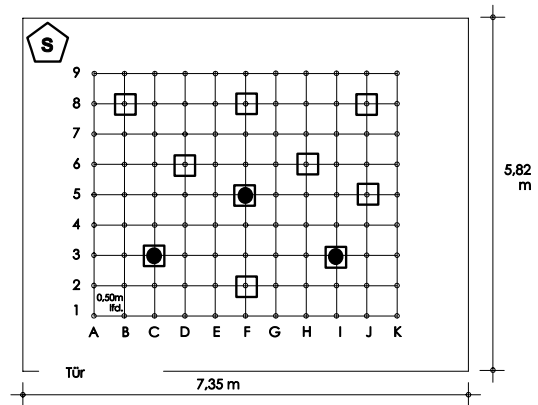
Zur Optimierung der Diffusität des Schallfeldes im Hallraum sind so genannte Platten-Diffusoren verwendet worden, dessen Einbau den Anforderungen der DIN EN ISO 354 [1] entspricht. Es stellt sich nun die Frage, wie die Qualität des so hergestellten diffusen Schallfeldes messtechnisch erfasst und beurteilt werden kann. Zur Klärung dieser Frage findet man in der Literatur im wesentlichen drei physikalische Kenngrößen, die zur Beschreibung der Diffusität des Schallfeldes geeignet sind. Die Anforderungen, die über die Anwendung der drei physikalischen Kenngrößen an ein diffuses Schallfeld gestellt werden können, lauten wie folgt:

- Konstante räumliche Energiedichteverteilung
- Langzeitgemittelter Betrag des Intensitätsvektors  $\rightarrow 0$
- Zeitliche und räumliche Inkohärenz

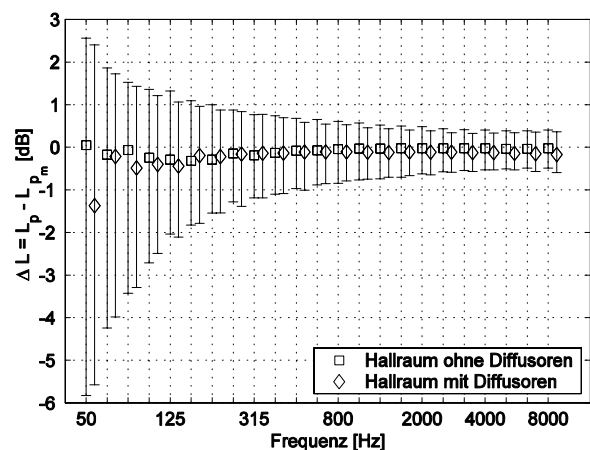
Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden die drei genannten Anforderungen an das Schallfeld im Hallraum mit und ohne Platten-Diffusoren messtechnisch untersucht und bewertet. Zusätzlich sind zum qualitativen Vergleich mit den physikalischen Kenngrößen Messungen der äquivalenten Absorptionsfläche eines speziellen Testabsorbers durchgeführt worden.

## Messung der Energiedichteverteilung

Zur Messung der Energiedichteverteilung im Hallraum wurde ein Messraster in zwei verschiedenen Höhen definiert, das einen ausreichenden Abstand zu den Raumbegrenzungsflächen besitzt (s. Abb. 1). Da das Quadrat des Schalldrucks proportional der Energiedichte ist, wurde an jedem Messpunkt das gemittelte Terzpegelspektrum gemessen. In Abb. 2 ist das Ergebnis in Form des normierten Schalldruckpegels und der Schwankungsbreite mit und ohne Diffusoren im Hallraum gezeigt.



**Abbildung 1:** Grundriss des Hallraumes: Für die Messung der Energieverteilung wurde ein Raster definiert mit 99 Mess-Positionen in zwei verschiedenen Höhen (1,12 m und 1,62 m). Der Abstand zwischen den Punkten betrug jeweils 50 cm. Die Intensitäts-Messung wurde an den mit Kreisen markierten Positionen jeweils für alle drei Raumrichtungen durchgeführt. Die Kohärenz-Messpunkte sind durch Quadrate markiert. Die Position der Schallquelle ist durch das Symbol S gekennzeichnet.

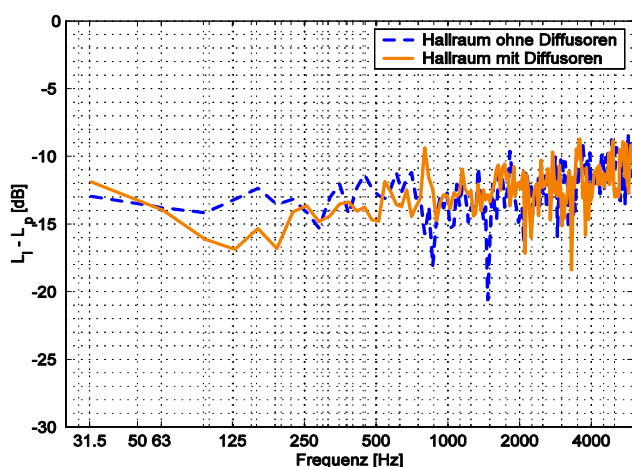


**Abbildung 2:** Varianz der Energiedichteverteilung: Mediane mit den 25%- und 75%-Perzentilen des normierten Schalldruckpegels  $\Delta L$  je Terzband.  $\Delta L$  berechnet sich aus der Differenz der Schallpegel  $L_p$  an den einzelnen Messpunkten und dem über alle Messpunkte gemittelten Schalldruckpegel  $L_{p,m}$ . Die Ergebnisse für den Hallraum mit und ohne Diffusoren sind gemeinsam aufgetragen. Die statistischen Werte wurden über die zwei Messhöhen gemittelt. Es sind nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Raumzuständen mit und ohne Diffusoren erkennbar. Die Unterschiede nehmen zu tiefen Frequenzen hin leicht zu.

Obwohl eine subjektiv höhere Diffusität des Schallfeldes durch die installierten Diffusoren wahrgenommen wird, ist keine deutliche Verringerung der Varianz der Energiedichte im Ergebnis zu erkennen.

### Messung der Schallintensität

Für die Messung der Schallintensität wurden im Hallraum 3 Messpunkte ausgewählt (s. Abb. 1), an denen mit einer handelsüblichen pu-Messsonde die 3 Komponenten des Intensitätsvektors (x, y und z) gemessen wurden. Es wird erwartet, dass im diffusen Schallfeld der langzeitgemittelte Betrag des Intensitätsvektors gegen Null geht. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis der Messungen in Form des normierten Schallintensitätspegels im Hallraum mit und ohne Diffusoren. Auch die Messung der Intensität spiegelt nicht in einem ausreichendem Maße die höhere Diffusität des Schallfeldes bei installierten Diffusoren wieder.



**Abbildung 3:** Der langzeitgemittelte Betrag des Intensitätsvektors ist als normierter Schallintensitätspegel logarithmisch über die Terzmitten-Frequenzen für den Zustand mit und ohne Diffusoren aufgetragen. Die Ergebnisse wurden über die drei Messpositionen gemittelt. Für die Normierung wurde die Differenz aus dem Schallintensitäts- und dem Schalldruckpegel gebildet. Nur im Frequenzbereich von 63 Hz bis 200 Hz ist der Betrag des Intensitätsvektors im Hallraum mit Diffusoren signifikant kleiner als im Hallraum ohne Diffusoren.

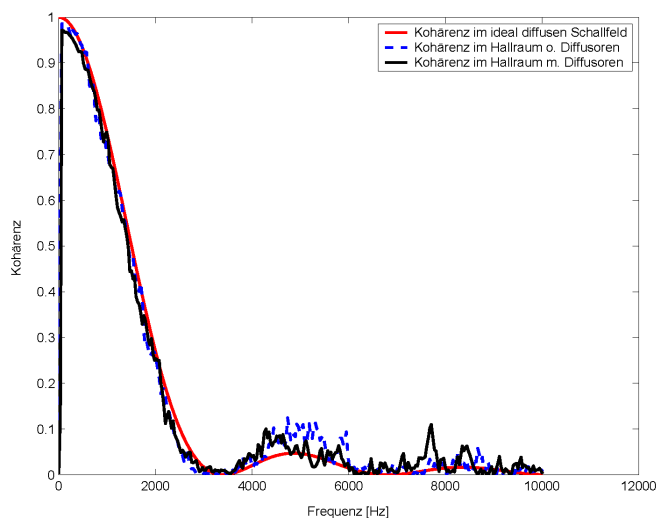
### Messung der Kohärenz

Wie in Abb. 4 zu erkennen ist, liefert auch die Messung der Kohärenz keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zuständen des Hallraums mit und ohne Diffusoren.

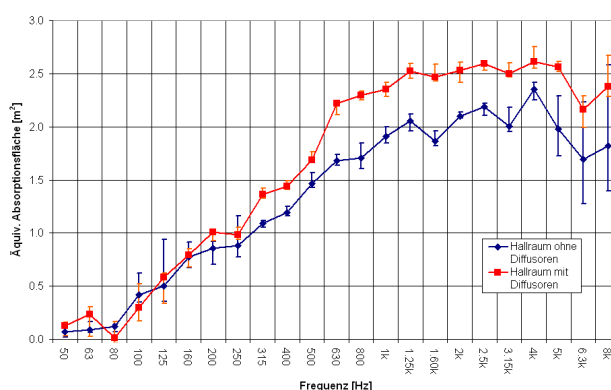
### Messungen mit einem Testabsorber

Der verwendete Testabsorber (Melaminschaumplatte, 1,4 m<sup>2</sup>) besitzt einen Abstand zur Begrenzungsfläche von 40 cm und wurde an 10 verschiedenen Orten (Boden, Wände) im unteren Drittel des Hallraums zur Messung der äquivalenten Absorptionsfläche platziert. Das Ergebnis der Messungen in Abb. 5 weist auf eine deutliche Verbesserung der Qualität des diffusen Schallfeldes im Hallraum bei der Verwendung von Diffusoren hin. Zum einen wird dadurch eine signifikant höhere äquivalente Absorptionsfläche gemessen (die Rück-

seite des Absorbers trägt stärker bei) und zum anderen verringert sich die Streuung der Messwerte (höhere Homogenität). Demnach scheint dieses Verfahren zur Beschreibung der Qualität eines diffusen Schallfeldes besser geeignet zu sein als die physikalisch motivierten Messverfahren.



**Abbildung 4:** Kohärenzfunktion des Schalldrucks zwischen 2 benachbarten Punkten ( $r = 50$  mm). im Hallraum mit (m.) und ohne (o.) Diffusoren Die experimentell ermittelten Kohärenzfunktionen liegen nahe an der für das ideal diffuse Schallfeld berechneten Funktion, weichen aber kaum von einander ab.



**Abbildung 5:** Mediane und Interquartile (25 und 75 %) der über zehn Positionen gemittelten Absorptionsfläche des Testabsorbers, aufgetragen über die Terzbänder. Die Ergebnisse des Hallraumes mit und ohne Diffusoren sind gemeinsam dargestellt. Signifikant ist die frequenzabhängige Vergrößerung der Absorptionsfläche des Testabsorbers durch die Diffusoren im Hallraum. Zusätzlich verringert sich deutlich die statistische Streuung der Messwerte. Beides weist auf eine höhere Homogenität des diffusen Schallfeldes im Hallraum mit Diffusoren hin.

### Literatur

- [1] DIN EN ISO 354: Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen, Beuth Verlag, Berlin (2003)
- [2] DIN EN ISO 3741: Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen, Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1, Beuth Verlag, Berlin (2001)