

Vergleich gemessener und prognostizierter Nachhallzeiten in der Halle 2 der Deggendorfer Stadthallen zur Abschätzung eines 'globalen' Faktors für die Schallstreuung

Robert Gerstbrein¹, Heinz Hooch², Gerhard Krump¹

¹ Hochschule Deggendorf, 94469 Deggendorf, E-Mail: gerhard.krump@fh-deggendorf.de

² Hooch-Farny Ingenieure, 84028 Landshut, E-Mail: info@hooch-farny.de

Einleitung

Raumakustische Simulationsprogramme werden stetig weiterentwickelt und verbessert. Aktuelle Ray Tracing Algorithmen berücksichtigen neben der spiegelnden Reflexion auch den Vorgang der Schallstreuung. Dies setzt folglich Wissen um den Streugrad einzelner Objekte und Raumbegrenzungsflächen voraus. Darin besteht jedoch genau die Crux, Datentabellen existieren nicht und so ist der Planer auf Erfahrungswerte angewiesen. Ohne Berücksichtigung von Streuungen werden simulierte Nachhallzeiten meist zu hoch geschätzt.

Der Streugrad gibt den Anteil der gestreuten Schallenergie bezogen auf die insgesamt reflektierte Energie an. [1, 2]

Daher wurde für eine Mehrzweckhalle, wie sie als typische Stadthalle einer mittelgroßen Stadt genutzt wird, ein Erfahrungswert des „globalen“ Streugrades ermittelt. Dieser soll die Gesamtsituation des Raumes erfassen, er wird bei der Simulation für alle Begrenzungsflächen gleichermaßen genutzt und hat einen konstanten Wert in jedem Frequenzband. Die Ermittlung erfolgte durch einen Vergleich von gemessenen und simulierten Nachhallzeiten.

Für die Untersuchung wurde das Simulationsprogramm EASE (Version 4.3) mit dem Modul AURA verwendet. Nachfolgendes Diagramm zeigt Simulationen der Nachhallzeit T_{20} bei verschiedenen Streugraden, um deren Einfluss auf die Berechnung der Nachhallzeit darzustellen.

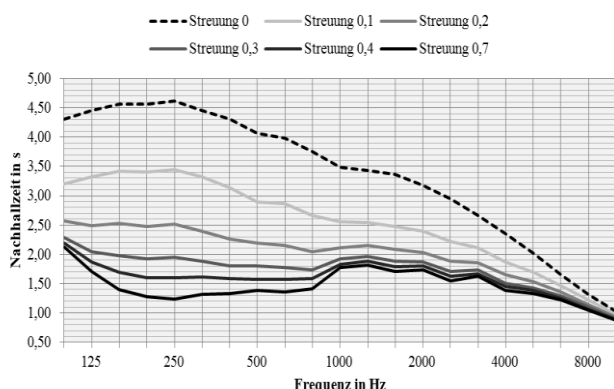


Abbildung 1: Simulierte Nachhallzeiten T_{20} bei unterschiedlichem Streugrad (Halle 2 Deggendorf).

Die gestrichelte Kurve zeigt die simulierte Nachhallzeit desselben Raumes ohne Streuung. Sie liegt deutlich über den anderen Kurven. Die stark unterschiedlichen Werte, insbesondere bei den Kurven mit Streugrad von 0,1 bis 0,3 verdeutlichen die Notwendigkeit eines Erfahrungswertes.

Messung und Simulation

Es wurden mehrere Messungen der Halle 2 der Deggendorfer Stadthallen durchgeführt. Nachhallzeiten wurden hierbei mit Rosa Rauschen und Sinus-Sweeps gemessen.

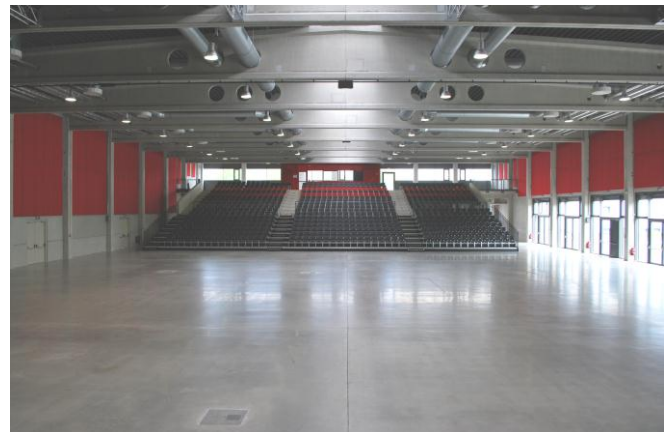


Abbildung 2: Halle 2 der Deggendorfer Stadthallen.

Das detaillierte Computermodell beinhaltet Binder, Treppen, Oberlichten und Türstöcke. Die Halle wurde mit bestuhlter Tribüne (siehe Abbildung 2), aber ohne Belüftungsanlage modelliert. Die Absorptionsgrade wurden (soweit vorhanden) Gutachten entnommen, ansonsten aus Datentabellen zusammengestellt.

Es wurden Simulationen mit verschiedenen Werten für den Streugrad durchgeführt. So sollte ein Wert ermittelt werden, bei dem das Simulationsergebnis der Nachhallzeit T_{20} eine größtmögliche Übereinstimmung mit dem Messergebnis aufweist. Der Vergleich dieser Simulationen mit den Messungen ergab, dass sich ein Streugrad von 0,25 als gute Näherung eignet. Bei den Simulationen wurde die von AURA vorgeschlagene hohe Auflösung mit ca. 1,9 Mio. Strahlen gewählt, nachdem überprüft wurde, dass eine noch größere Strahlenzahl zu keinen anderen Ergebnissen führt.

Vergleich der Mess- und Simulationsergebnisse

Das Diagramm zeigt T_{20} gemittelt über alle Messpositionen. T_{30} konnte wegen des zu starken Grundpegels in der Halle nicht gemessen werden. Die gestrichelten Kurven stellen die Messergebnisse dar, welche auf zwei unterschiedlichen Generierungsprogrammen (Sinus-Sweep A: EASERA, Sinus-Sweep B: WinAudioMLS) und Rosa Rauschen als Anregungsschall beruhen. Die durchgezogene Kurve verdeutlicht im Vergleich hierzu die Simulationsergebnisse mit dem oben erwähnten globalen Streugrad von 0,25 über alle Frequenzen.

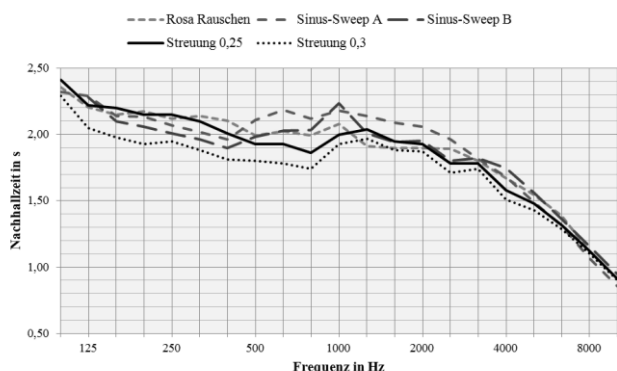


Abbildung 3: Gemessene Nachhallzeit T_{20} und deren Simulation mit Streugrad 0,25 (Halle 2 Deggendorf).

Die verschiedenen Messungen weichen zueinander im Bereich von ca. 10 % leicht ab. Das Simulationsergebnis liefert bei richtiger Berücksichtigung des Streugrades geringere Nachhallzeiten als ohne Streugrad, welche zudem sehr gut mit den Messergebnissen, insbesondere bei Rosa Rauschen als Anregung, übereinstimmen.

Folgerung und Hypothese

Anhand des über die Nachhallzeit ermittelten Streugrades wurde ein Zusammenhang zwischen dem globalen Streugrad und den räumlichen Gegebenheiten der Halle hergestellt. Die Raumbegrenzungsflächen wurden hierbei nach ihrer Oberflächenstruktur bewertet, da strukturierte Flächen Streuung begünstigen. Große plane Flächen werden als unstrukturiert gewertet, nicht plane generell als strukturiert, ohne auf deren genauen Streuungsgrad einzugehen.

Demnach werden die Decke (ein gelochtes Trapezprofil), der geraffte Bühnenvorhang und die Stuhlreihen auf der Tribüne als strukturiert gewertet und die übrigen Raumbegrenzungsflächen (Fenster, Wände, Boden, Wandabsorber) als nicht strukturiert. Nach dieser Einteilung sind etwa 30 % der Gesamtoberfläche strukturiert, so dass sich hierdurch näherungsweise ebenfalls der zuvor ermittelte Streugrad (0,25) ergibt. In Abb. 3 zeigt die gepunktete Kurve die Simulation mit globalem Streugrad 0,3. Sie liefert ein wenig zu geringe Werte im Vergleich zur Messung, lässt sich jedoch für eine erste Näherung nutzen.

Es stellt sich die Frage, ob eine derart einfache Bewertung der Oberflächenstruktur ausreicht, um einen passenden Streugrad für die Simulation zu wählen und in erster Näherung einfach der prozentuale Flächenanteil an strukturierter Oberfläche genutzt werden kann.

Überprüfung

Hierzu wurde die Sparkassenarena in Landshut, eine Mehrzweckhalle mit nahezu demselben Raumvolumen wie die Deggendorfer Stadthalle, untersucht.

Tabelle 1: Größenvergleich der Mehrzweckhallen.

	Sparkassenarena	Halle 2
Sitzplätze	2200	2300
Volumen	27000 m ³	20000 m ³

Auch hier wurden mehrere Messungen durchgeführt, zum einen mit Rosa Rauschen und zum anderen mit Hilfe eines Signalrevolvers. Der strukturierte Flächenanteil der unbestuhlten Halle wurde durch die Decke, ein gelochtes Trapezprofil, bestimmt und beträgt etwa 30 %.

Folglich wurde nun eine Simulation durchgeführt und der Streugrad gleich 0,3 gewählt. Messungen und Simulation der Nachhallzeit T_{20} sind in Abb. 3 dargestellt.

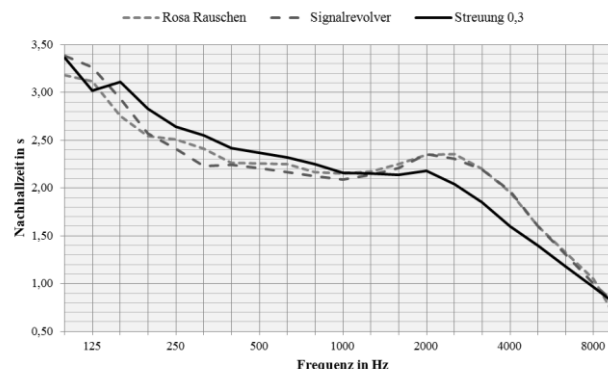


Abbildung 4: Gemessene Nachhallzeit T_{20} und deren Simulation mit Streugrad 0,3 (Sparkassenarena Landshut).

Die maximale Abweichung zwischen Simulation und Messung liegt zwischen 2000 Hz bis 5000 Hz bei ca. 15 %. Der globale Streugrad korreliert auch hier gut mit dem Flächenanteil der strukturierten Begrenzungsflächen. Bei tiefen Frequenzen besitzt die Sparkassenarena eine etwas höhere Nachhallzeit als die Deggendorfer Stadthalle, was durch die Simulation ebenfalls ausgedrückt wird.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass in zwei Beispielen die Simulation der Nachhallzeit T_{20} mit den Messungen weitgehend übereinstimmt, wenn für den Streugrad der prozentuale Anteil strukturierter Oberflächen eines Raumes als Richtwert verwendet wird. Dies lieferte bei beiden untersuchten Mehrzweckhallen zufriedenstellende Ergebnisse. Unter Berücksichtigung des Streugrades wurde die Nachhallzeit nicht mehr zu hoch geschätzt, sondern ergab realistische Simulationsergebnisse. Ein Planer kann somit auf einfache Art Streuungen in seiner Simulation berücksichtigen und hat nun zumindest für Mehrzweckhallen einen Richtwert, solange es keine detaillierten Datentabellen für Streugrade gibt.

Die Überprüfung dieses Ansatzes im großen Rahmen steht noch aus, bis dahin kann bei der computergestützten Simulation für Mehrzweckhallen ähnlicher Größe ein Streugrad von 0,3 als erster Richtwert verwendet werden.

Der Autor bedankt sich bei Herrn H. Hoock und Prof. Dr. G. Krump für die Betreuung der Arbeit sowie der Stadt Deggendorf und Landshut für die Messmöglichkeiten.

Literatur

[1] Fasold, W., Veres, E.: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, 2. Aufl., Huss-Medien, 2003
 [2] Müller G., Möser M.: Taschenbuch der Technischen Akustik, 3. Aufl., Springer, 2003