

# Übertragung der Richtcharakteristik der Geige in ein Raumsimulationsprogramm

cand.el. R. Koehler

Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig /  
Technische Universität Braunschweig

## Einleitung

Akustische Raumsimulationsprogramme (RSP) dienen als Hilfsmittel zur Berechnung der Raumimpulsantwort. Als Eingabedaten werden die Geometrie und Absorptionseigenschaften aller Oberflächen im Raum und die Richtcharakteristik der Schallquelle benötigt.

Letztere ist deshalb so wichtig, weil der Schall sich nicht nur auf dem direkten Weg zum Empfänger, sondern auch durch Reflexionen auf indirekten Wegen ausbreitet. Richtcharakteristiken werden den Anforderungen der Programme entsprechend oktavweise eingegeben. In diesem Bericht wird auf die Problematik hinsichtlich der Richtcharakteristik der Geige eingegangen, denn durch die Quantisierung über die Oktave und auch über große Raumwinkel werden starke Einschnitte bzw. Resonanzen wesentlich geglättet.

Die aus der Literatur bekannten Richtcharakteristiken von Geigen [1] lassen sich wegen ihrer hohen Auflösung nicht direkt für die Eingabe in RSPs verwenden. Daher sollte überprüft werden, inwiefern durch ein vereinfachtes Messverfahren die erforderlichen Daten möglichst direkt ermittelt werden können.

## Messung der Richtcharakteristik

### Anregung der Geige

Der Einfluß des Geigenspielerkörpers für die Richtcharakteristik sollte bei der Messung berücksichtigt werden. Der Geiger regt die Violine durch Streichen der Saiten mit dem Bogen an. Das Anregungssignal ist eine aufwärts gespielte chromatische Tonleiter vom gesamten Tonumfang des Instrumentes ( $g - c^4$ ). Diese in Halbtonschritten gespielte Tonfolge kann als ein „quantisierter Sweep“ betrachtet werden.

### Meßaufbau

Da die Richtcharakteristik der Geige aufgrund ihrer Geometrie vermutlich nicht rotationssymmetrisch ist, müssen mindestens 2 Messebenen gewählt werden. Das SDO-Format von CATT [2] erfordert z. B. 2 senkrecht zueinander stehende Ebenen mit Messwerten im Abstand von jeweils  $15^\circ$ . Durch die Form der Geige bieten sich drei zur Auswahl an: die Decken-, Hals- und Stegebene.

Die Messungen werden im kleinen reflexionsarmen Raum der PTB durchgeführt. Aufgrund seiner geringen Höhe ist die Mikrofonpositionierung bei der Stegebene am ungünstigsten. Deshalb fiel die Wahl auf die anderen beiden Ebenen (s. Bild 1).

Da nur ein 8-Spur-Aufnahmegerät zur Verfügung steht und somit 8 Mikrofone gleichzeitig beschaltet werden können, wird ein Winkelabstand von  $30^\circ$  gewählt. Jede Meßebeine muß deshalb in zwei Meßreihen gemessen werden. Die sich überschneidenden Mikrofonpositionen dienen der Kontrolle und der Referenzbildung. Als Bezugsrichtung wird die Schnittachse der beiden Messebenen

in Schneckengerichtung gewählt. Der Schallquellenursprung der Geige ist nach [1] mittig unter dem Steg auf der Decke. Der Meßabstand zwischen diesem Punkt und den Mikrofonen beträgt 1 m.

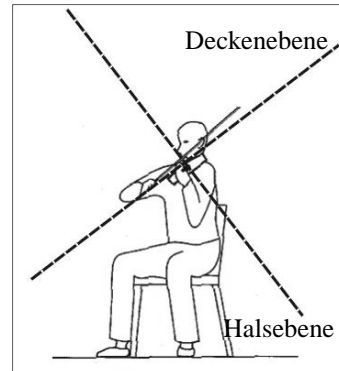


Bild 1: Lage der beiden Meßebenen

### Berechnung des Spektrums

Die Aufnahmen der vorher kalibrierten Meßmikrofone werden in einen Rechner übertragen. Dieser führt eine FFT mit Flatop-Fenster von jedem einzelnen Ton je Position durch und liest die Pegel von den jeweils ersten 8 Teiltönen heraus. Der 1. Teilton bzw. Grundton reicht für die Repräsentation des Geigenklanges nicht aus, weil die höchste Grundtonfrequenz unterhalb der obersten einzugebenden 4 kHz-Oktave liegt. Die ausgelesenen Werte werden dann auf die Referenzposition normiert.

Zur Mittelung der Pegelwerte lassen sich aus dem chromatischen Tonmaterial zu jeder Frequenz Teiltöne unterschiedlicher Ordnung heranziehen. So ergibt sich eine Funktion von der Frequenz, die hier Teiltonmittel (TM) genannt wird. Schließlich werden die Werte von TM in Ergebnis nennt sich Oktavmittel (OM). Zur Veranschaulichung der durch diese Mittelung resultierenden Glättung, wird TM und OM an einer Position in Bild 2 dargestellt.

Die Abnahme der max. Abweichung von 0 dB ist bemerk-

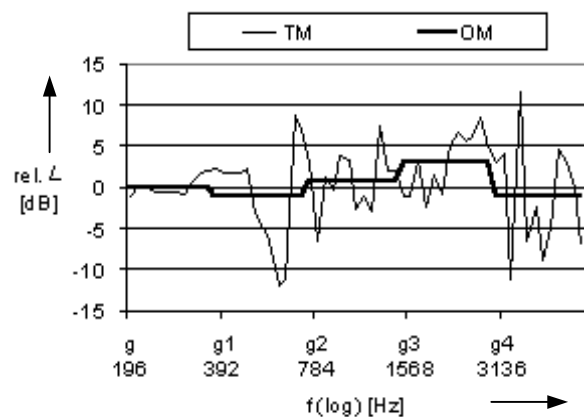


Bild 2: Glättung durch Oktavmittelung an der Stegposition

kenswerterweise von etwa  $\pm 11$  dB auf +3,1 bzw. -1,2 dB. Nachdem die Spektren für jeden Ton und jede Position ermittelt wurden, ergibt sich die Richtcharakteristik in Bild 3. Deutlich wird hier die nahezu kugelförmige Abstrahlung auch in den höheren Oktaven, die nur durch die Anwesenheit des Geigers und seines Stuhls (s.o.) gestört wird.

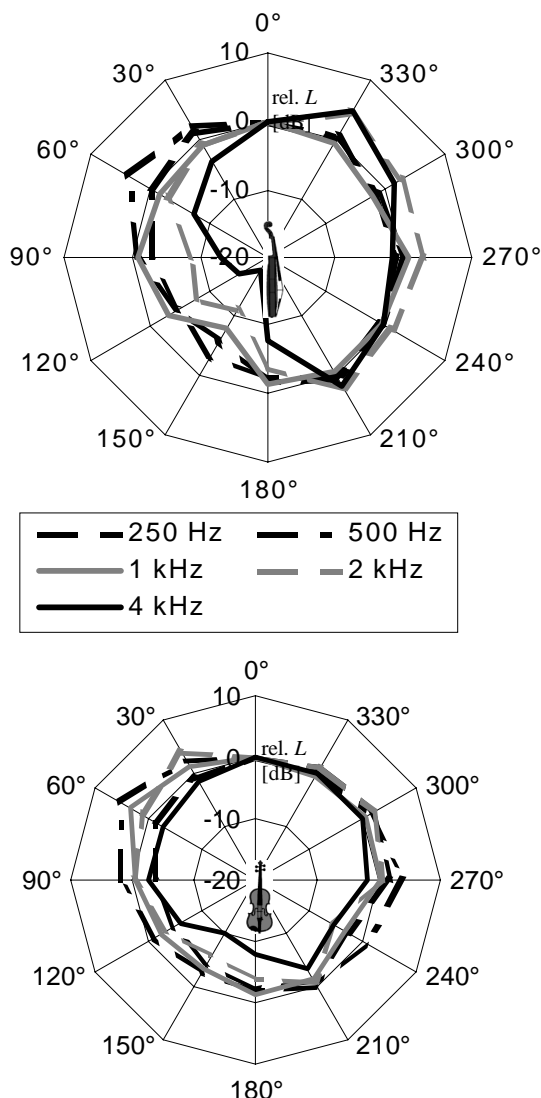


Bild 3: Richtcharakteristik der Hals- und Deckenebene

### Auralisation

Mit dem verwendeten RSP besteht die Möglichkeit, einen Klang, der in einem reflexionsarmen Raum an der Referenzposition (s.o.) aufgenommen wurde, in einem virtuellen Raum hörbar zu machen (zu auralisieren). Dieser virtuelle Raum entsteht durch die vorher berechnete Raumimpulsantwort, in der die auf 15°-Winkelabstände interpolierte Richtcharakteristik der Schallquelle mit einbezogen wurde.

Um genügend Vergleichsmaterial zu bekommen, wird die Richtcharakteristik der Geige in unterschiedlich starker Ausprägung auralisiert: Eine triviale Kugelrichtcharakteristik und eine Richtcharakteristik durch energetische Mittelung wird als Ergänzung zur Pegelmittelung implementiert.

Die Simulation wird dabei an drei Schallempfängerpositionen durchgeführt. Abstandsangaben beziehen sich auf den Schallquellenursprung:

- E1) 1m in Schneckenrichtung (Referenzposition)
- E2) 1m im Schallschatten des Geigers
- E3) 5m in Schneckenrichtung (Diffusfeld).

Zum Vergleich werden entsprechende Aufnahmen im realen Raum mit einem Kunstkopf gemacht, der ebenfalls im RSP simuliert wird.

### Hörtest

In einem Hörtest werden in Paaren 2 Klänge dargeboten. An erster Stelle steht immer der real aufgenommene und an zweiter entweder der identische oder eine Simulation von diesem. Die Reihenfolge der Paare wird dabei zufällig gewählt, wobei jeder Paarvergleich insgesamt zweimal zum Einsatz kommt. Nach jedem abgespielten Paar bewertet die Testperson die Übereinstimmung der beiden Klänge anhand einer 10-stufigen Skala.

Das Testergebnis ist in Bild 4 dargestellt. Es zeigt die Mittelwerte über alle Testpersonen. Jede Position wurde dabei gleich mit 33 % gewichtet. In der Summe über alle Mittelwerte der drei Empfängerpositionen erzielt demnach die Richtcharakteristik nach Energiemittelung das beste Ergebnis. Die triviale Kugelrichtcharakteristik ist in E1 die erfolgreichste Simulation. Die Richtcharakteristik nach Pegelmittelung ist die schlechteste. Die identischen Paare wurden fast immer erkannt ( $\approx 100\%$ ).

Übereinstimmung mit realem Klang in %

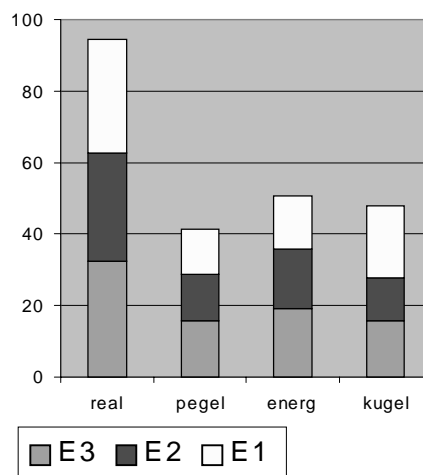


Bild 4: Hörtestergebnis

(Simulationsverfahren:

pegel = Pegelmittelung

energ = Energiemittelung

kugel = Kugelrichtcharakteristik

real = identischer realer Klang)

### Literatur

- [1] Meyer, J.: Die Richtcharakteristiken von Geigen. Instrumentenbau-Zeitschrift 18, 1964
- [2] Dalenbäck, B.-I.: CATT Acoustic V7, User's Manual. CATT Göteborg, 1998