

# Anwendung zur Auralisation des Wellenfelds in kleinen Räumen

## - MANUAL -

*Diese Anwendung basiert auf MATLAB und kann nur auf einem Rechner betrieben werden, auf dem MATLAB 7 oder eine spätere Version installiert ist.*

### Inhalt

- 1     **Start**
- 2     **Bedienung**
  - 2.1   **Dateneingabe Mono**
  - 2.2   **Auralisation Mono**
  - 2.3   **Dateneingabe Stereo**
  - 2.4   **Auralisation Stereo**
- 3     **Impressum**

## 1     **Start**

Diese Anwendung kann nur auf einem Rechner betrieben werden, auf dem MATLAB 7 oder eine spätere Version installiert ist.

1. Kopiere den Ordner "Raumsimulationsprogramm" mit allen Unterverzeichnissen in das Matlab-Root-Verzeichnis (meistens ../Matlab/work).
2. Starten Sie Matlab.
3. Wählen Sie in der oberen Leiste im Fenster "Current Directory" den Ordner ".../Matlab/work/Raumsimulationsprogramm/Mono" (für die Mono-Anwendung) oder ".../Matlab/work/Raumsimulationsprogramm/Stereo" (für die Stereo-Anwendung) aus.
4. Geben Sie im Kommandofenster den Befehl "Raum\_mono" (für die Mono-Anwendung) oder "Raum\_stereo" (für die Stereo-Anwendung) und drücken Sie "Enter". Das Simulationsprogramm öffnet sich.

## 2     **Bedienung**

### 2.1   **Dateneingabe Mono**

Im ersten Fenster ("Raum\_mono") werden Sie dazu aufgefordert, die Eigenschaften des virtuellen Raums zu bestimmen. Dies sind die Kantenlängen des Raums (1m bis 20m), die Positionen des Senders und des Empfängers (Angabe in Prozent der jeweiligen Raumkante) und ein geschätzter Mittelwert für den Bass-Absorptionsgrad jeder einzelnen Wand. Unter `Preset laden` kann man einige voreingestellte Räume laden.

Im Koordinatensystem wird der gerade entworfene Raum angezeigt. Die rote Schaltfläche **drehen** verwandelt den Mauszeiger in ein Dreh-Werkzeug zur besseren räumlichen Ansicht. Wenn Sie die Grafik speichern wollen, zum Beispiel um später verschiedene Einstellungen direkt miteinander zu vergleichen, können Sie mit der Schaltfläche **Grafik speichern** die Grafik in einem neuen Fenster öffnen und dort in der Menüleiste unter **File** → **Save as** als JPG, Bitmap, TIF u.a. speichern.

Die drei verschiedenen Voreinstellungen beziehen sich auf die Berechnung der Übertragungsfunktion. In der Default-Einstellung "nur Resonanzen" wird die Rechnung bis zur doppelten Schröderfrequenz vollzogen und bricht dann ab. Das ist sinnvoll, weil das Schallfeld oberhalb der Schröderfrequenz besser durch die geometrische Akustik beschrieben werden kann als durch die Wellentheorie. Außerdem würde die Berechnung

bis 20 kHz so viel Zeit in Anspruch nehmen, dass der Sinn des Programms - nämlich dass der Einfluss von Raumeigenschaften sofort durch Hören überprüft werden kann - verloren gehen würde. Die auralisierten Beispiele klingen in dieser Einstellung sehr dumpf, weil sie nur Frequenzanteile unter der doppelten Schröderfrequenz enthalten. Wenn man das ganze Spektrum des Klangbeispiels hören möchte, sollte man die Einstellung "Hochpass" wählen, so dass alle Spektralanteile oberhalb der Grenzfrequenz 1:1 wiedergegeben werden. Als dritte Option kann man stattdessen den Direktschall addieren, dies ändert die Balance zwischen Originalklang und Raumklang zugunsten der Resonanzeffekte. Je größer die Entfernung zwischen Sender und Empfänger, desto schwächer in der Balance ist der Direktschall.

Wenn alle Einstellungen richtig sind, kann man durch die Schaltfläche **Übertragungsfunktion** die Berechnung starten. Sobald die Berechnung abgeschlossen ist, öffnet sich das Auralisationsfenster.

## 2.2 Auralisation Mono

Das Koordinatensystem im Auralisations-Fenster zeigt die Übertragungsfunktion des Raums, berechnet bis zur doppelten Schröderfrequenz. Der Wert der Schröderfrequenz wird oberhalb der Kurve angezeigt. Auch hier gibt es eine Schaltfläche, um für Auswertungs- und Weiterverarbeitungszwecke die Kurve als Grafik zu speichern. Die Schaltfläche **zoom** verwandelt den Mauszeiger in ein Zoom-Werkzeug. Ziehen Sie mit der linken Maustaste einen Rahmen über den Bereich, den Sie vergrößern wollen.

Die Schaltfläche **Resonanzen anzeigen** liefert eine Grafik, in der die Raumresonanzen als Stabdiagramm über einer Frequenzachse aufgetragen sind. Ihre Höhe entspricht der Dämpfung, die Resonanzen mit den niedrigsten Werten sind also am lautesten. Diese Darstellung hilft beim Nachvollziehen der Übertragungsfunktion. Außerdem sind die drei ersten Axialmoden und ihre Vielfachen meistens gut zu erkennen, ebenso wie die zunehmende Dichte der Moden in Bereich der Schröderfrequenz, trotz linearer Frequenzachse.

Vor der Auralisation kann abermals die Voreinstellung geändert werden (**nur Resonanzen, Hochpass oder Direktschall addieren**). Die Kurve wird dementsprechend aktualisiert. Sehr aufschlussreich kann es auch sein, die Impulsantwort anzuhören (ebenfalls je nach Voreinstellung aktualisiert). Beim Hörvergleich zwischen den Voreinstellungen, und auch beim Experimentieren mit der Einstellung **Direktschall**, ist zu beachten, dass alle abgespielten Signale auf 0 dB normalisiert sind. Lautstärkeunterschiede sind also kein Vergleichskriterium!

Um in dem virtuellen Raum Klangbeispiele zu auralisieren, muss zunächst ein Quellsignal aus der Liste ausgewählt werden. Der Zusatz "anechoic" bedeutet, dass die Signale in einem reflexionsarmen Raum aufgenommen wurden, also keine Raumanteile enthalten. Mit ihnen kann man eine natürliche Quelle im Raum simulieren. Die Testsignale (Rauschen und Sweep) sowie die Chromatische Tonleiter sind sehr gut dazu geeignet, die Effekte der Raummoden genau zu analysieren. Mit dem "Burst" (einem steilflankig ein- und ausgeschalteten Rauschen) kann man besonders gut das Ein- und Ausschwingen des Raums beobachten.

Das ausgewählte Signal muss nun zunächst mit der Impulsantwort gefaltet werden. ERST DANN können Quellsignal und Raumklang mit den Play-/ Stop-Tasten miteinander verglichen werden. Die rote Farbe der Schaltfläche **Falte mit Impulsantwort!** zeigt an, dass für die aktuellen Parameter noch kein Faltungsergebnis vorliegt. Erst, wenn sich nach dem Anklicken die Schaltfläche blau gefärbt hat, kann der aktuelle Raumklang abgespielt werden.

Die Impulsantwort und das Faltungsergebnis ("Raumklang") können beide als Wave-Datei gespeichert werden.

Wenn Sie ein eigenes Klangbeispiel auralisieren möchten, gehen Sie am besten folgendermaßen vor: Kopieren Sie die Wave-Datei, die auralisiert werden soll, in den Ordner .../SimAuWav/Mono. Hier liegen alle Beispiel-Quellsignale. Wählen Sie von den vorhandenen Wave-Dateien eine aus, die vorübergehend gegen Ihre neue Datei ausgetauscht werden soll, und benennen Sie sie um, z.B. in Rosa Rauschen mono Original.wav. Verwenden Sie dann den ursprünglichen Namen Rosa Rauschen mono.wav für die neue Datei. Sie können diese dann im SimAuWav-Programm unter dem Namen Rosa Rauschen aufrufen. Achtung: Im Mono-Ordner können nur Mono-Wave-Dateien mit 44.1 kHz / 16 bit Sampling-/ Bitrate verwendet werden, im Stereo-Ordner nur dementsprechende Stereo-Waves.

## **2.3 Dateneingabe Stereo**

Die grundsätzliche Funktionsweise ist unter 2.1 beschrieben. Im Unterschied zur Mono-Anwendung müssen in der Stereo-Anwendung die Koordinaten von zwei Sendern (Lautsprechern) angegeben werden. Wenn die beiden Sender symmetrisch zur Mittelachse aufgestellt werden sollen (was in realen Fällen sinnvoll ist, da dann auch die Raumantwort links und rechts sehr ähnlich ist), hilft die Option *symmetrisch koppeln*. Es müssen dann nicht alle Koordinaten einzeln eingegeben werden, sondern der zweite Sender bewegt sich beim Ändern des ersten spiegelbildlich mit.

## **2.4 Auralisation Stereo**

Zur grundsätzlichen Funktionsweise bitte Kapitel 2.2 lesen. Im Unterschied zu Mono werden bei der Stereoauralisation zwei Übertragungsfunktionen angezeigt, jeweils für den linken und den rechten Übertragungsweg. Die Impulsantwort ist selbstverständlich stereo, ebenso wie die zur Auswahl stehenden Klangbeispiele. Diese sind alle aus Aufnahmen entnommen, die bereits Raumklang enthalten. Die Auralisation soll die Wiedergabe solcher Aufnahmen über Lautsprecher simulieren.

## **3 Impressum**

Dieses Programm wurde im Jahr 2005 von Nora Brandenburg im Rahmen einer Diplomarbeit am Erich-Thienhaus-Institut Detmold entwickelt, in Zusammenarbeit mit Dr. Ingolf Bork (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) und Prof. Thomas Görne (HfM Detmold).