

Klassische oder komplexe Datenpräsentation von Lautsprechern?

Wolfgang Ahnert¹, Stefan Feistel²

¹ AFMG Ahnert Feistel Media Group, 13189 Berlin, Deutschland, Email: wahnert@afmg.eu

² AFMG Ahnert Feistel Media Group, 13189 Berlin, Deutschland, Email: sfeistel@afmg.eu

Einleitung

Lautsprecher werden in Spezifikationen und Simulationsprogrammen zumeist noch als Punktquellen geführt und ihre Richtdaten in Tabellen aufgelistet. Ähnlich wird sogar für einfache Schallzeilen vorgegangen. Aber wie ist das mit modernen Line Arrays, die heutzutage von vielen Herstellern angeboten werden? Der Beitrag zeigt einen Weg, dreidimensionale Parameter von Lautsprecheranordnungen zu beschreiben, und zwar aus einer neuartigen Perspektive. Komplexe Daten nach Betrag und Phase werden verwendet, um eine sogenannte GLL (Generic Loudspeaker Library) zu erzeugen, die das wahre Abstrahlverhalten solcher Anordnungen viel realistischer beschreibt als eine einfache Punktquelle (letztere leider oft noch bei Verwendung von ausschließlich Amplitudendaten). Bei der Erzeugung einer solchen GLL wird berücksichtigt, dass ein Lautsprecher zumeist aus einzelnen Quellen (Hochtöner, Tieftöner etc.) aufgebaut ist, die elektrisch über Frequenzweichen und Filter verbunden sind. Auch mechanische Bedingungen werden einbezogen. Die notwendige Messtechnologie zum Erhalt der richtigen Daten für die in der Lautsprecheranordnung enthaltenen Quellen wird kurz erläutert.

GLL Lautsprecherdatenformat

Historisch werden feste Datentabellen verwendet, in denen die Amplitudenwerte eines Richtungsballons eines Lautsprechers in verschiedener Winkel- und Frequenzauflösung gespeichert sind. Es gibt damit aber wegen der Datenreduktion oder einer nötigen Interpolation viele Zwänge, um Messergebnisse in dieses Datenformat zu bringen. Die vorhandene Datenauflösung ist in keiner Weise an die Modellziele angepasst. Das geht nur über die Erfassung komplexer Daten, also von Amplitude und Phase, in angemessener Auflösung. Besonders deutlich wird die Problematik, wenn versucht wird, folgende Lautsprechertypen in konventioneller Tabellenform zu charakterisieren:

- Aktive Mehrwegelautsprecher
- Kombinationen von Mehrwegelautsprechern
- Schallzeilen, „tapered“ oder digital gerichtet
- Touring Line Arrays
- Clustersysteme

Die zeitgemäße Modellierung in einem Simulationsprogramm fordert mehr als Tabellendaten:

- Datenauflösung höher als Terzen
- Zusätzlich Kohärenzinformation, Phase
- Mechanisch konfigurierbar (Rigging)

- Elektronisch konfigurierbar (Filter)
- Bessere Integration mit der Hersteller-Firmware

Als Konsequenz daraus wurde nun der Ansatz verworfen, solch komplexe Lautsprecheranordnungen als einzelne Punktquelle zu führen. Über die Entwicklung einer DLL (Dynamic Link Library) führt der Weg zu einer all diese Einflüsse beachtenden Generic Loudspeaker Library, GLL [1].

Notwendige Daten

Je nach System sollten die Daten von individuellen Wandlern bzw. Wegen auch individuell gemessen werden [1]. Dazu werden die IR/FR Ballondaten in ausreichender Winkelauflösung (mit EASERA, TEF, MLSSA, MF, CLIO, LMS, usw.) jeweils als sogenannte GSS Datei (Quellendatei) gespeichert, die Empfindlichkeit wird automatisch aus dem geeichten On-Axis-Frequenzgang abgeleitet. Diese Daten sind in ihrem Originalformat (auch sehr hohe Auflösung) unter Verwendung von Kompressionsalgorithmen gespeichert. Anstelle die bereitgestellten Daten in ein festes Format zu pressen, werden die zur Vorhersage erforderlichen Datenpunkte aus den verfügbaren komplexen Datenwerten interpoliert

Eine wesentliche Vereinfachung der Datenerfassung, die bisher typisch war, war die Reduktion von mehreren akustischen Elementen wie Treibern oder von komplexen Lautsprecheranordnungen zu einem einzelnen, abstrakten Element. Das konnte auch so verstanden werden wie die Reduzierung einer komplexen Lautsprecherbox auf eine einzelne akustische Quelle. Im Gegensatz dazu geht die GLL davon aus, eine akustische Quelle wie eine akustische Quelle und eine Lautsprecherbox wie eine Lautsprecherbox zu behandeln. Dieses Konzept erhöht nicht nur die Genauigkeit des Modells, sondern eliminiert auch die damit verbundene Datenreduktion und mögliche Eingabefehler.

Technisch gesehen ist die GLL eine einfache Datei. Sie wird vom Hersteller über ein sogenanntes GLL-Projekt durch den Schritt der sogenannten Kompilierung erzeugt. Die kompilierte GLL enthält alle Daten, die sich auf das spezielle Lautsprechersystem beziehen. Sie kann dann vom Endnutzer in der entsprechenden Simulationssoftware konfiguriert werden. Dies erlaubt Konfigurationsmöglichkeiten, die vorher im GLL-Projekt vom Hersteller definiert wurden. Als ein Beispiel können hier interne Crossover-Einstellungen, mögliche Splay-Winkel der Boxen oder Clusterkonfiguration einfließen. Der Nutzer kann dann spezifische Filter oder auch bestimmte Splay-Winkel zwischen den einzelnen Boxen in der entsprechenden Simulationssoftware selektieren.

GLL im Computermodell

Im Folgenden nutzen wir eine Clusteranordnung, die in einem Konzertsaal installiert wurde, um beispielhaft zu zeigen, welche unterschiedlichen Simulationsergebnisse erhalten werden, wenn man verschiedene Berechnungsmethoden einschließlich des GLL-Modells anwendet.

Im Konzerthaus in Berlin hängt zur Sprachbeschallung ein Cluster von 10 Lautsprechern, dessen Übertragungsqualität gemessen wurde. Damit verglichen wurden Simulationsergebnisse mit unterschiedlichen Rechnungen und Routinen. Abbildung 1 zeigt das Computermodell und Abbildung 2 das Cluster wie es etwas vor der Bühne in der Höhe von 9,05 m über Bühnenniveau angeordnet ist.

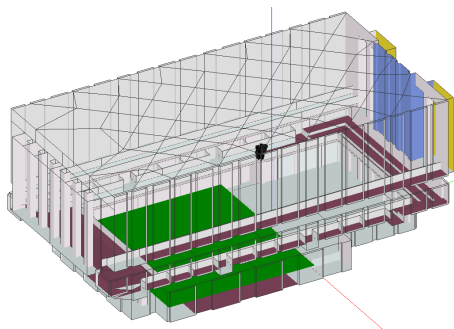


Abbildung 1: Computermodell Konzerthaus Berlin.

Die unterschiedlichen Rechenroutinen sind auf den Hörerflächen im Parkett des Saales (in grüner Farbe in Bild 1) ausgeführt worden, weiterhin wurden bestimmte, repräsentative Punkte verwendet, um einen Vergleich dieser Simulationsdaten mit Messdaten durchzuführen.

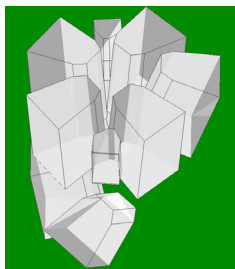


Abbildung 2: Simulierter Lautsprechercluster.

Punktquellen und GLL

In EASE 4.2 gibt es mehrere Möglichkeiten, um den Schalldruckpegel am Hörerplatz, der durch die Lautsprecheranordnung erzeugt wird, zu berechnen. Eine Methode ist es, alle Lautsprecher in einem Cluster als individuelle Systeme zu verwenden und ihre Schallpegelbeiträge durch Summation der Pegel mit und ohne Phasenberücksichtigung zu ermitteln. Schon in EASE 3.0 wurde dagegen die Berechnung eines Cluster über die Fernfeldnäherung eingeführt [2]. Das Ergebnis ist dann natürlich wieder eine neue Punktquelle und die Phaseneinflüsse sind nur noch im Fernfeld richtig berücksichtigt. Die neue GLL-Rechenweise ist die einzige Methode, die alle einzelnen Lautsprecher in ihrem realen Verhalten verwendet, die die interaktiven

Phasenbeziehungen berücksichtigt und auch für das Nahfeld des Systems gültig ist. Als Ergebnis all dieser und anderer Vergleiche wird die Überlegenheit der GLL-Berechnungen deutlich, um ein akustisches Verhalten der Schallabstrahlung vorherzusagen.

Simulation und Messung

In Abbildung 3 ist exemplarisch für einen Messplatz auf der Hörerebene (grün in Bild 1) ein Vergleich des Direktschalls zwischen den simulierten Ergebnissen und der Messung dargestellt. Wie sichtbar ist, erhalten wir eine gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen. Nur im tiefen Frequenzbereich zeigen die Messungen auch niedrigere Schallpegelwerte. Dies ist verursacht durch die Fensterung im Post-Processing, die angewendet werden musste, um den Direktschall aus der Gesamtschallmessung abzugrenzen.

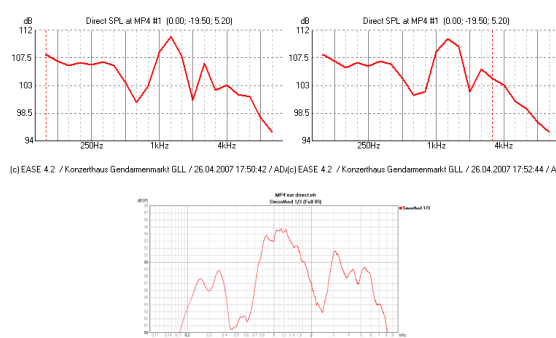


Abbildung 3: Vergleich Methode GLL (oben links), EASE 3.0 Fernfeldcluster (oben rechts) und Messung mit EASERA (unten) an ausgewähltem Hörerplatz.

Schlußfolgerungen

Die Erzeugung einer sogenannten Generic Loudspeaker Library GLL zur Nutzung im neuen Design- und Analysetool EASE SpeakerLab und in EASE selbst eröffnet neue Möglichkeiten des korrekten Umganges mit einfachen und komplexen Lautsprecheranordnungen wie Cluster oder Line Arrays. Zum Beispiel kann die Konfigurierbarkeit durch historisch festgelegte Datenformate nicht ermöglicht werden. Es wurde auch deutlich, dass bei Vernachlässigung der Phasenbeziehungen nur annähernde Ergebnisse erzielbar sind. Die Autoren sind sich sicher, dass Simulationsergebnisse, die nur auf Amplitudendaten basieren, nur orientierender Natur oder gar falsch sind. Jedes moderne, computer-gestützte akustische Meßsystem ist in der Lage Impulsantworten oder komplexe Übertragungsfunktionen zu messen. Durch Verwendung komplexer Daten in Simulationsprogrammen wird die Genauigkeit der Ergebnisse bei Einsatz von Beschallungssystemen signifikant erhöht.

Literatur

- [1] S. Feistel und W. Ahnert, "Modeling of Loudspeaker Systems Using High-Resolution Data", *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 55, pp. 571-597 (Juli/August 2007).
- [2] W. Ahnert und S. Feistel, "Cluster Design with EASE for Windows", präsentiert auf der 106. AES Convention – München, (8.-11. Mai 1999)