

## Software-basierte Live Sound Messungen

Enno Finder, Wolfgang Ahnert, Stefan Feistel und Radu Miron

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

### Einleitung

Die AFMG Ahnert Feistel Media Group [1] als lose Verbindung von Leistungen im Bereich der akustischen und medientechnischen Planung, Softwareentwicklung und Produkten für die Raum- und Elektroakustik beschäftigt sich neben der akustischen Simulation bereits seit Jahren mit akustischer Messtechnik.

Mit der im Oktober 2007 vorgestellten Neuentwicklung von EASERA SysTune steht nun ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem raum- und elektroakustisch verwendbare Impulsantworten unter Live-Bedingungen ohne besondere Anreizesignale möglich werden.

### Klassische raum- und elektroakustische Messungen

Seit April 2004 steht mit EASERA [2] eine Software unter Windows® zur Verfügung, mit der es möglich ist, unter Verwendung einer beliebigen Audio-Hardware-Umgebung akustische Messungen durchzuführen. Die Software generiert wählbare Anreizesignale, wie Gleitsinus, MLS oder Rauschen, lässt sie abstrahlen und ermittelt die Impulsantwort. In der mathematischen Nachbearbeitung der Impulsantwort sind diverse akustische Maße, wie Nachhallzeit, Deutlichkeits- und Klarheitsmaß, Sprachverständlichkeit, etc. ermittelbar. Wird die Messung geeignet mehrkanalig aufgezeichnet, können mit der Softwareplattform auch Seitenschallmaß u.a. bestimmt werden.

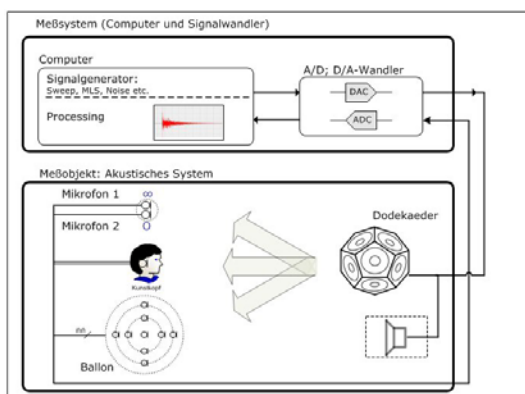


Abbildung 1: allgemeine Prinzipdarstellung der Messung eines akustischen Systems mit Hilfe von EASERA

Das Messprinzip und das zugehörige mathematische Gerüst kann man sicher als anerkannt und etabliert bezeichnen. Auf Grund der Offenheit von EASERA in Bezug auf die Audio-Hardware ist zur Gewinnung von Absolutwerten Aufmerksamkeit bei der Kalibrierung der eingesetzten Technik zu verwenden, was aber für die meisten

raumakustischen Maße, wie Nachhallzeit, Deutlichkeitsmaße oder Sprachverständlichkeit, von geringer Bedeutung ist, da sie Relativgrößen sind.

Bei allen Vorteilen, die bekannte Anreizesignale, wie Gleitsinus, Rauschen oder MLS mit ihrem definierten frequenzabhängigen Verhalten haben, verbleibt der Nachteil, dass ihre Anwendung Publikum im Allgemeinen stört, womit akustische Messungen im besetzten Raumzustand selten wirklich möglich werden oder aufwändig nachgestellt werden müssen.

### Quellen-unabhängige akustische Messung

Geht man vereinfachend bei einem akustischen System davon aus, dass dieses linear und zeitinvariant ist, kann grundlegend auf die Impulsantwort/die Übertragungsfunktion aus der Kenntnis von Eingangs- und Ausgangssignal geschlossen werden.



Abbildung 2: allgemeine Darstellung der Systemantwort  $g(t)$  und Übertragungsfunktion  $G(j\omega)$  mit Eingangs- ( $x(t)$ ,  $X(j\omega)$ ) und Ausgangsfunktion ( $y(t)$ ,  $Y(j\omega)$ )

$$y(t) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot g(t - \tau) d\tau \quad (1)$$

$$Y(j\omega) = G(j\omega) \cdot X(j\omega) \quad (2)$$

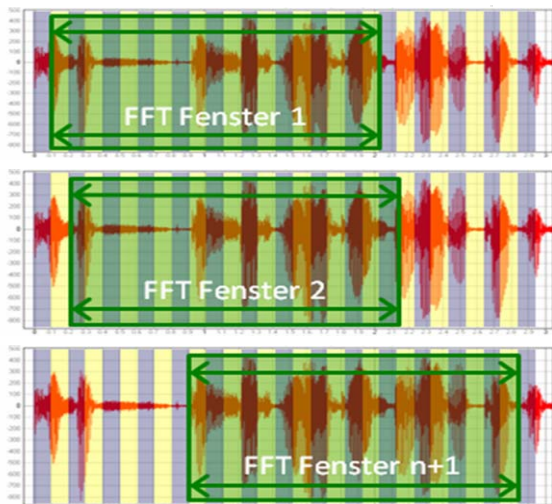
Bereits seit Ende der 1980'er Jahre existieren Anwendungen, den Frequenzgang eines akustischen Systems mit einem beliebigen, vorhandenen Signal, zum Beispiel aus einem Beschallungsmischpult, zu ermitteln. Diese besitzen derzeit Grenzen, wie zum Beispiel kurze Fensterlängen, die eine Messung einer Impulsantwort ausreichender Länge für raumakustische Parameter nicht ermöglichen. [3], [4]

### Real-Time-Deconvolution (RTD)

Durch die Entwicklung der RTD (Real-Time-Deconvolution, übersetzt etwa „Echtzeit-Entfaltung“) durch die AFMG wird es möglich, in einer Softwareumgebung Impulsantworten (quasi) beliebiger Länge bei zeitlich unbegrenzter Beobachtungsdauer zu messen.

Vereinfacht beschrieben, setzt die RTD ein Zeitfenster für die inverse Fouriertransformation aus kleinen, etwa 100 ms langen Abschnitten des Ausgangs- und Eingangssignals nach dem FIFO-Prinzip („first-in-first-out“) zusammen. Mit einer Aktualisierungsrate von etwa 10 Hz entsteht so eine Impulsantwort. Wie bei den bekannten Messsystemen auch,

kann über  $n$  Zyklen gemittelt werden, um beispielsweise stochastische Störungen zu reduzieren.



**Abbildung 3:** vereinfachte Darstellung der Entwicklung eines FFT-Zeitfensters nach dem FIFO-Prinzip bei der RTD

Seit Oktober 2007 steht dieser Algorithmus als Softwareapplikation EASERA SysTune zur Verfügung. [5]

## Praktische Anwendungsfälle

### Fussballstadion

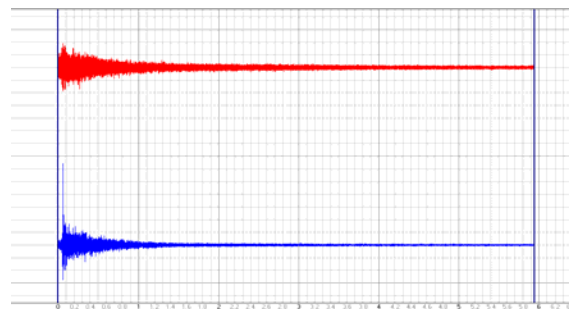
Messaufgabe in einem Stadion können die Fein-Einstellung der Beschallungsanlage und die Ermittlung der Sprachverständlichkeit im besetzten Zustand zur Qualitätsbeschreibung sein.

Als Referenzsignal, welches man aus dem Mischpult entnehmen kann, stehen zwei typische Signalarten, Sprache und Musik, zur Verfügung, die sich in ihrer Anregebandbreite unterscheiden. Durch sorgfältiges Wählen der Auswerteparameter in EASERA SysTune kann das Signal-/Störverhältnis in der Messung optimiert werden. Die *Bandbegrenzung* beschneidet Eingangssignal und Ausgangssignal in ihrem Frequenzgang, die Wahl der „*spektralen Dynamik*“ funktioniert wie eine Art Noise-Gate in der Frequenzebene: jene spektralen Anteile des gemessenen Signals, deren Pegel unterhalb der gesetzten Grenze liegt, werden ignoriert.

### Sakralbauten

In Kirchen und Sakralbauten kann die Fragestellung neben der elektroakustischen auch die Raumakustik bei natürlicher Schallquelle umfassen.

In der Praxis hat es sich als schwierig erwiesen, ein hinreichend gutes Referenzsignal der Schallquelle im klassischen Konzertfall zu erhalten. Während das volle Orchester zwar einen weiten Frequenzbereich bei der Schallanregung abdecken kann, lässt sich die Impulsantwort  $g(t)$  im Zeitbereich nur dann gut bestimmen, wenn wenige Musiker beteiligt sind. Offensichtlich ist die örtliche „Verwischung“ der Quelle sonst zu groß.



**Abbildung 4:** vergleichende Darstellung der Impulsantworten in einer Kirche, bei Einsatz optimierter Auswerteparameter; rot – Orchester tutti, blau – Vokalquartett

## Zusammenfassung

Mit der Entwicklung von EASERA SysTune steht ein System zur Verfügung, was unauffällige, akustisch nicht störende Messungen durchführen kann. In der praktischen Anwendung erweist sich EASERA SysTune kritisch im Hinblick auf:

- die Wahl des Referenzsignals, die Zuführung eines rein elektrischen Signals ist dabei unkritisch im Vergleich zum Versuch, eine natürliche Schallquelle abzubilden,
- Größe und Ausdehnung der natürlichen Schallquelle, Anzahl und Aufstellung der Musiker bezogen auf das Referenzmikrofon sollte sich dabei einer Punktquelle annähern,
- den nutzbaren Frequenzbereich, er ist auf das dargebotene Programmmaterial beschränkt; der Einsatz eines Bandpassfilters und die sorgfältige Wahl der zugelassenen spektralen Dynamik ist erforderlich, um optimierte Ergebnisse zu erzielen; und
- Messdauer und Mittelungen, aus der praktischen Erfahrung stabilisiert sich die Impulsantwort bezogen auf Rauschstörungen hinreichend, wenn 16 und mehr Mittelungen, folglich etwa 2 Minuten Messdauer, angewandt werden.

## Literatur

- [1] AFMG Ahnert Feistel Media Group, URL: <http://www.afmg.eu>
- [2] EASERA Electronic and Acoustic System Evaluation and System Analysis, URL: <http://www.easera.com>
- [3] J. Meyer: Equalization using Voice and Music as the Source, 76. AES Convention, New York, preprint 2150 (I-8), 1984
- [4] J. Meyer et al.: Broschüre und Handbuch zu SIM III, Meyer Sound Laboratories Inc, Berkeley, USA, URL: [www.meyersound.com/sim3](http://www.meyersound.com/sim3)
- [5] EASERA SysTune Live-Sound Measurements in Realtime, URL: <http://www.easerasystune.com>