

## „Neue Messmethoden für die 3D-Schallfeldsimulation – Theorien und Anwendungen“

### Agenda:

**Empfang:** Ab 9:00 in den Räumlichkeiten der Klippel GmbH,  
Mendelssohnallee 30

**Ca. 9:20**

Begrüßung / Einführung

**9:30 – 11:15**

*Fachvorträge:*

Wolfgang Klippel: Neuer IEC Standard zur messtechnischen Bewertung von  
elektro-akustischen Wiedergabesystemen

Christian Bellmann: Bestimmung der Richtcharakteristik mit Hilfe von  
Nahfeldmessungen

Evert Start: Pioneering Near Field Acoustic Holography; Radiation  
measurements on DDS-controlled loudspeaker arrays

**Pause**

**11:45 – 13:00**

*Fachvorträge:*

Anselm Goertz: Moderne Stadionbeschallung und Sprachalarmierung

Johannes Klein: MIMO Messungen von raumakustischen Übertragungsstrecken

**13:00**

Mittagspause mit Lunch

**Ab ca. 14:00**

Führung durch die Firma Klippel GmbH mit Demonstration der Messgeräte und  
fachkundiger Erläuterung der Methoden

Ende der Veranstaltung gegen 16 Uhr



### Titel und Abstracts zu den Vorträgen:

#### **Neuer IEC Standard zur messtechnischen Bewertung von elektroakustischen Wiedergabesystemen**

*Wolfgang Klippel, Klippel GmbH, Dresden*

Die Entwicklung und Herstellung von modernen Lautsprechersystemen in einer globalisierten Welt verlangt internationale Standards, die geeignete Messverfahren und Messbedingungen definieren und die Grundlage für reproduzierbare und vergleichbare Messergebnisse legen. Die deutsche Lautsprecherkommission UK 742.5 im DIN und VDE(DKE) entwickelte einen neuen Standard, der den existierenden IEC Standard 60268-5 ersetzen soll und neue Anforderungen berücksichtigt, die durch moderner Audioanwendungen (z.B. portable und persönliche Geräte), Einführung moderner Entwicklungswerkzeuge (z.B. FEA/BEA), aktive Ansteuerung der Wandler mit Hilfe digitaler Signalverarbeitung (z.B. Line Array) und automatische Qualitätskontrolle im Produktionsprozess entstanden sind. Der Vortrag gibt einen Überblick über die in diesem Standard definierten elektrischen, mechanischen und akustischen Messverfahren und diskutiert ihre praktische Anwendungen.

#### **Bestimmung der Richtcharakteristik mit Hilfe von Nahfeldmessungen**

*Christian Bellmann, Klippel GmbH, Dresden*

Traditionell wird die Richtcharakteristik von Lautsprechern im Fernfeld in einer reflexionsarmen und störungsfreien Umgebung gemessen. Dafür erforderliche akustische Spezialräume sind sehr teuer, besitzen überwiegend jedoch weder eine ausreichende Größe noch eine hinreichende Auskleidung für die Absorption tiefer Frequenzen (<100Hz). Aufgrund der großen Messabstände sind zudem kontrollierte klimatische Bedingungen für eine exakte Phasenmessung unabdingbar. Im Vortrag wird ein neues Messverfahren vorgestellt, das die Nachteile der traditionellen Messung überwindet. Basierend auf einer Messung im Nahfeld auf zwei Hüllflächen, wird der Direktschall von Raumreflexionen getrennt und mit speziellen Lösungen der Wellengleichung (Sphärische Harmonische, Hankel Funktionen) modelliert. Anschließend kann das Schallfeld an beliebigen Punkten außerhalb der Messflächen extrapoliert werden. Diese holographische Extrapolation einer Messung im Nahfeld in einem gewöhnlichen Raum (z.B. Büro) liefert dabei eine umfassendere und genauere Beschreibung des Abstrahlverhaltens im Nahfeld (z.B. Schalldruckverteilung, Phasenverhalten) und Fernfeld (z.B. Richtcharakteristik, Schallleistung) als traditionelle Verfahren.



### **Pioneering Near Field Acoustic Holography; Radiation measurements on DDS-controlled loudspeaker arrays**

*Evert Start, Duran Audio BV / JBL Pro, Zaltbommel, The Netherlands*

With the introduction of 'beam steered' (DDC) and 'beam shaped' (DDS) loudspeaker arrays in the 1990-ies, the synthesis of optimized complex-shaped radiation patterns became possible. However, the analysis and verification of the radiation pattern by measurements remained an issue. There are two reasons for this. First, anechoic far field directivity measurements of long line arrays are practically impossible. Secondly, on site direct sound measurements in the audience plane and along the boundaries of the hall are troublesome and inaccurate due to the lack of temporal resolution between the direct and the reflected sound.

Therefore, about 15 years ago, a so-called '2½-D' holographic near field measurement method was developed and applied. By measuring the wave field along a line parallel to the (line) array, the emitted wave field can be accurately characterized in the measurement plane.

This paper addresses the theoretical principles of wave field extrapolation and illustrates its early application with line arrays using some interesting examples.

### **Moderne Stadionbeschallung und Sprachalarmierung**

*Anselm Goertz, Audio & Acoustics Consulting Aachen*

Moderne Sportstätten, insbesondere Fußballstadien, werden heute mit großzügigen Beschallungsanlagen ausgestattet. Die Anlagen dienen dabei als Eventbeschallung und in Notfällen auch zur Sprachalarmierung. Bei der Konzeptionierung der Anlagen werden teils sehr hohe Ansprüche seitens der Betreiber und auch durch einzuhaltende Normen und Vorschriften gestellt. Für den Planer stellt sich damit die schwierige Aufgabe die technischen Anforderungen sinnvoll zu interpretieren und so umzusetzen, dass die technischen Einbauten zu vertretbaren Kosten möglich sind und auch den teilweise anspruchsvollen ästhetischen Gesichtspunkte der Stadionarchitektur gerecht werden. Der Vortrag gibt einen Überblick zu den aktuellen Anforderungen und erläutert diese anhand einiger Beispiele aus der Praxis.



### **Raumimpulsantwort-Messung und Synthese für beliebige Richtcharakteristiken**

*Johannes Klein, Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen University*

Raumimpuls-Antworten, welche die Quell- und Empfängerrichtcharakteristik enthalten, gewinnen zunehmend an Bedeutung. Derartige Messungen ermöglichen die raumakustische Analyse einzelner Transferpfade in situ, sowie eine naturgetreue Auralisierung des Raumes mit der natürlichen Richtcharakteristik der simulierten Quelle (z.B. Musikinstrument) und des simulierten Empfängers (z.B. HRTF). Optimaler Weise sollten solche Messungen nicht mit einer zum Messzeitpunkt festgelegten Richtcharakteristik (z.B. durch einen Kunstkopf) durchgeführt werden, sondern die beliebige Veränderung der Richtcharakteristik in der Nachverarbeitung erlauben. Neben den bereits vielfach eingesetzten Mikrofonarrays ist es daher notwendig elektroakustische Quellarrays einzusetzen, um mit einem vollständigen Multiple Input Multiple Output (MIMO) System während einer Messung alle Freiheitsgrade zu bewahren.

Aufgrund der verhältnismäßig großen Dimensionen von Lautsprechern wäre die Kanalzahl solcher fester Arrays stark begrenzt, was wiederum zu einer niedrigen Auflösung der Quell-Richtcharakteristik führen würde. Eine Lösung dieser Beschränkung bieten sequentielle Messmethoden, welche die Zahl der zur Verfügung stehenden Wandler virtuell erweitern indem die Quelle während der Messung bewegt wird und die Ergebnisse überlagert werden. Hierdurch kann eine gegenüber herkömmlichen Arrays deutlich erhöhte Auflösung erreicht werden die dann auch noch durch reziproke Anordnung z.B. auf der Empfangsseite genutzt werden kann.

Dieser Vortrag beschreibt den Aufbau eines solchen Systems, die Mess- und Syntheseverfahren sowie die auftretenden Probleme.