



Kurzübersicht Seminarinhalte (Stand 2.11.16)

Sound System Engineering

Januar 2017 in Düsseldorf, München, Schaffhausen CH

weitere Infos und Anmeldung: <http://www.zehner.ch/schulung.htm>

Grundlagen Akustik

- Akustik und Schall (Begriffsdefinitionen)
- Schallausbreitung
- Frequenz, Frequenzdarstellungen, Frequenzbereiche
- ISO-Mittelfrequenzen und Frequenzbildungsgesetz
- Elongation, Amplitude, Schallschnelle
- Phase
- Interferenz, Superposition, lineare Überlagerung, Fourier

Schallausbreitung im Freien und in Räumen

- Schallgeschwindigkeit in (idealen) Gasen
- Schallgeschwindigkeit Luft
- Distanz-/Entfernungsgesetz Freifeld
- Luftabsorption (atmosphärische Absorption)
- Refraktion/Brechung durch Temperatur-/ Wind-Geschwindigkeits-Gradienten
- Hallradius/Hallabstand
- Reflexion
- Konvexe und konkave Flächen
- Beugung
- Absorption
- Auf-/Abbau des Schallfeldes
- Nachhallzeit T_{60}
- Raumresonanzen / stehende Wellen

Gehör und Psychoakustik

- Übersicht
- Aussenohr, Mittelohr, Innenohr
- Hörbahn und auditorischer Kortex
- Hörschäden / zulässige Einwirkungszeit
- Hochtönwahrnehmung
- Akustische Täuschungen
- Psychoakustik und psychoakustische Grössen
- Lautheit und Pegel
- Wahrnehmbare Pegeldifferenzen
- Lautheit und Signaldauer
- (einige) Einflussfaktoren Lautheit (Loudness)
- Kurven gleicher Lautstärke (Isophone; ISO 226)
- Filterkurven
- Pegel und Frequenzgang
- Bass-Verlust bei Pegelabfall
- Interaurale Zeit- und Pegeldifferenzen (ITD+ILD)
- Kopfbezogene Übertragungsfunktionen (HRTF)
- Richtungsbestimmende Bänder nach Blauert
- Gesetz der ersten Wellenfront / Präzedenzeffekt
- Echoschwelle
- Simultan-Verdeckung/-Maskierung durch Rauschen
- Binaurale Verdeckung
- Kritische Bandbreite / Frequenzgruppen

Logarithmen und Dezibel

- Dekadischer Logarithmus
- Bel und Dezibel,
- Absolute dB-Grössen / Pegelmasse
- Quadratische und lineare Grössen und Dezibelwerte
- Zusammenhang verschiedener Grössen
- Entfernen von Logarithmen (Anti-Log)
- Addition und Mittelung von Pegeln
- Flussdiagramm Pegelrechnung
- Beispielrechnungen: dB-Rechnen für Audiofachleute

Phase, Gruppenlaufzeit, Interferenzen, Kammfilter

- Phasendifferenz vs. Pegel
- Auslöschung/Dämpfung bei relativen Pegeldifferenzen
- Kammfilter
- Komplexe Übertragungsfunktion - Phasenfrequenzgang
- Linear- und minimalphasige Systeme
- Hörbarkeit von Gruppenlaufzeitverzerrungen

Lautsprecher

- Ideale Strahler
- Q (Bündelungsgrad) / DI (Bündelungsmass)
- Darstellung der Richtwirkung (horizontal/vertikal)
- Balloon-Darstellung (3D)
- Elektrodynamische Lautsprecher
- Kompressionstreiber und Hörner
- Dispersion reale Strahler
- CD-Horn (Constant Directivity)
- Vergleich verschiedene Systeme: Constant Q / proportional Q / Koaxial / Line Arrays

Line Arrays

- Linienquelle / Zylinderwelle
- Nahfeld/Fernfeld
- Interferenzmuster
- Abstände Einzelquellen
- Vertikales Abstrahlverhalten Line-Array und Curving
- Waveguides / Wellenformer
- Curving-Strategien
- Kompensation Kopplung (Coupling-Filter)
- Optimierung mit Gain und Filter
- Geflogenes Linearray vs. Groundstack Subwoofer
- Numerische Optimierung mit FIR-Filtern und inverse Design-Ansätze
- Schallzeilen und Beam-Steering
- Vor-/Nachteile Line Arrays



Spezifikation und Dimensionierung

Lautsprecher und Endverstärker

- Spezifikationen, Lautsprecherdatenblatt (Beispiele)
- Systemdynamik
- Spitzen- (Peak), Effektivwerte (RMS, Root-Mean-Square)
- Crestfaktor
- Anzeigeinstrumente
- Elektrische Impedanz
- Parallelschaltung und Kabelquerschnitte
- Belastbarkeit/Leistungsangaben Lautsprecher
- Powercompression / Leistungskompression
- Sensitivity (Empfindlichkeit) Lautsprecher
- Technische Daten Endverstärker
- Dimensionierung Endverstärker
- 100-Volt-Systeme / ELA-Technik
- Elektrische Systempegelung (Gainstruktur)
- Limiter-Berechnungen
- Leistungsbedarf
- EAD-Berechnungen

Crossover-Filter (HPF/LPF)

- Analoge und digitale Filterschaltungen
- Klassische Filter-Topologien
- Tschebyscheff- (Chebyshev) / Cauer-Filter (Elliptic)
- NTM- (Neville-Thielle-Method) / Hardman-Filter
- Finite Impulse Response Filter (FIR)
- Filterdesign in der Praxis

Geometrische Planung

- Trigonometrie
- Ausführliches Fallbeispiel
- Vertikale Abdeckung
- Fliegen von Lautsprechern und minimale Varianzlinie
- Systematischer Höhenfehler 2D vs. 3D
- Treiber-Interferenz bei Mehrwegsystemen
- Hauptsystem und Subsysteme
- Horizontale Abdeckung
- Forward Aspect Ratio (FAR)
- Lateral Aspect Ratio (LAR) / Lateral Multiplier

Akustische Simulation

- Übersicht Direktschall-Mapping
- Statistische Modelle
- Geometrische Akustik / stochastisches Raytracing
- Modale Schallfeldanalysen mittels FEM

Systemdesign

- Interferenzen mehrere Quellen und kohärente Koppelung
- Grundlegende Varianten Winkelung zweier Lautsprecher
- Überlapp 2 Lautsprechersysteme
- Systeme auf Ohrhöhe
- Geflogene Systeme
- Main geflogen, Fill Ohrhöhe
- Linienanordnungen
- Stereo-Systeme
- Verzögerungs-/Delaylinie
- Abgleich mit akustischen Quellen
- Time-/Phase-Alignment (TA) Subwoofer/Top
- TA – ausführliche Fallbeispiele und Schritt-für-Schritt-Anleitung

Systemplanung

- Grober Planungsablauf
- (Einige) grundlegende Anforderungen an Systeme
- Erforderliche Schalldruckpegel
- Erforderlicher Amplitudenfrequenzgang
- Zielkurven Amplitudenfrequenzgang
- Charakteristik Sprache
- Sprachverständlichkeit
- Speech Transmission Index (STI)
- %AL_{Cons} (Articulation Loss of Consonants)
- STI - Auswirkungen SNR und Pegel

Praxis

Am vierten Seminartag steht die Praxis im Vordergrund. Ein System, bestehend aus Line-Array, Fills, Delays etc. wird gemeinsam geplant, aufgebaut, eingestellt und eingemessen. Dabei werden Theorien der vergangenen drei Tage noch einmal erläutert und anhand der Praxis nachvollziehbar gemacht (soweit dies nicht schon an den Vortagen anhand einer kleineren Anlage erfolgte). Zusätzlich werden die Themen Messtechnik und Subwoofer-Arrays (End Fire, Cardioid-Systeme etc.) erläutert.

