

# Sound Quality of Audio Systems

Lecture by Prof. Dr. Wolfgang Klippel

## Ziel des Lehrfachs

Die Vorlesung „Sound Quality of Audio Systems“ vermittelt weitreichende Kenntnisse über die neuesten Mess- und Diagnosetechniken, die derzeit auf den Gebieten der Telekommunikation, Autoindustrie, Multi-Media sowie im professionellen Bereich ihre Anwendung finden um kleine, leichte und kosteneffiziente Lautsprecher zu entwerfen. Die Generation der Signalverzerrung wird bestimmt durch lineare, nicht-lineare und zeitvariante Systeme mit konzentrierten und verteilten Parametern. Diese Vorlesung stellt die Verbindung zwischen Symptomen und physikalischen Ursachen transparent dar. Praktische Einheiten geben jedem einzelnen Teilnehmer die Möglichkeit das erlernte Wissen direkt anzuwenden.

## Inhalt

### Elektroakustische Modellierung:

- Grundlagen: Wandlung, Schwingung, Schallabstrahlung
- Abstraktion: Modelle mit konzentrierten und verteilten Parametern
- Kleinsignalverhalten: lineare Näherung und Übertragungsfunktion
- Großsignalverhalten: thermische Dynamik und Nichtlinearitäten
- Zeitvariante Eigenschaften: Klimaeinfluss, Alterung

### Messung und Analyse:

- Persistente Anregung: künstliche und natürliche Stimuli
- Messsignale: elektrische, mechanische and akustische Sensoren
- Schallfeld: Nah- und Fernfeldmessung
- Rauminteraktionen: Direktschall, Reflektionen and Moden
- Messzeit: ultra-kurze Messungen und Langzeittests
- Verzerrungsanalyse: lineare und nichtlineare Komponenten
- Systemidentifikation: optimales Fitting und Parameterschätzung
- Transformation: Fourier, Wavelet und perzeptive Modellierung
- Datenkompression: Unterdrückung von redundanten Information

## Objective of the discipline

The lecture on “Sound Quality of Audio Systems” will give you a deep understanding on the latest measurement and diagnostic techniques used in telecommunication, automotive, multi-media and professional applications to design small, light and cost-effective audio systems. The generation of signal distortion is modelled by linear, nonlinear and time-variant systems with lumped and distributed parameters. The course makes the relationship between symptoms and physical causes of the distortion more transparent. Practical sections will give each participant further opportunities for learning by doing.

## Content

### Electro-acoustical Modelling:

- Fundamentals: transduction, vibration, radiation
- Abstraction: models with lumped and distributed parameters
- Small Signal Performance: linear approximation and transfer function
- Large Signal Performance: thermal dynamics and nonlinearities
- Time-varying properties: influence of climate and aging

### Measurement and Analysis:

- Persistent excitation: artificial and natural stimuli
- Monitored signals: electrical, mechanical and acoustical sensors
- Sound field - measurements in the near and far field
- Interaction with the room: direct and diffuse sound part
- Measurement time: ultra-fast and long-term (power) testing
- Distortion analysis: linear and nonlinear components
- System identification: optimal fitting and parameter estimation
- Transformations: Fourier, wavelet and perceptual modelling
- Data compression: separation of unique and redundant information

### Elektrische Steuerung des Wandlers:

- Komplexe Strukturen: digitale und analoge Komponenten
- Schutz des Wandlers: mechanische und thermische Überlastung
- Linearisierung: Kompensation der äquivalenten Eingangsverzerrungen
- Equalisierung: Korrektur des Frequenzganges im Gesamtsystem
- Stabilisierung: Optimale Schwingspulenposition

### Interpretation und Diagnostik:

- Zusammenhang zwischen gemessenen Symptomen und physikalischen Ursachen
- Wahrnehmung: Hörbarkeit und Bewertung der Klangqualität
- Bewertung: Auswahl optimaler Wandler für das Gesamtsystem
- Spezifikation: minimale und vollständige Datensätze
- Toleranzen: Parametervariationen und deren Einflüsse

## Übungseinheiten

Der Teilnehmer hat jeden Nachmittag (von ca. 15 bis 17 Uhr) die Möglichkeit an jeweils einem der folgenden Tutorien teilzunehmen.

- Lautsprechersteuerung (Theorie, Implementierung, Demo, Konsequenzen)
- Interpretation der nichtlinearen Parameter des konzentrierten Wandlermodells
- Messung von impulsiven Verzerrungen und Erkennung von Defekten
- Messung des abgestrahlten Direktschalles in Räumen mit Reflexionen
- Praktische Diagnose der multi-modalen Schwingungen mit Laservibrometrie

### Electrical Control of Transducers:

- Complex structures: digital and analogue components
- Active protection: mechanical and thermal overload
- Linearization: Compensation of equivalent input distortion
- Equalization: Correction of the overall transfer response
- Stabilization: Optimal voice coil rest position

### Interpretation and Diagnostics:

- Relationship between measured symptoms and physical causes
- Perception: audibility and impact on perceived sound quality
- Evaluation: selection of optimal drive units for system design
- Specification: minimal but comprehensive set of data
- Tolerances: variation of parameters and influences

## Practical Trainings

At the end of each day of the lecture the attendee may choose between one of the following practical tutorials:

- Loudspeaker control (theory, implementation, demo, consequences)
- Interpretation of nonlinear lumped transducer parameters
- Measurement of impulsive distortion and defect detection
- Directivity measurement under non-anechoic conditions
- Practical Diagnostics of the multi-modal vibrations using laser vibrometry