

Österreichische Akademie der Wissenschaften
Institut für Schallforschung

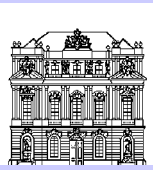
**Schnelle Messung der Außenohr-
übertragungsfunktionen mittels der
Multiple Exponential Sweep Methode**

**Multiple Exponential Sweep Method for Fast Measurement of
Head Related Transfer Functions**

P. Majdak, P. Balazs

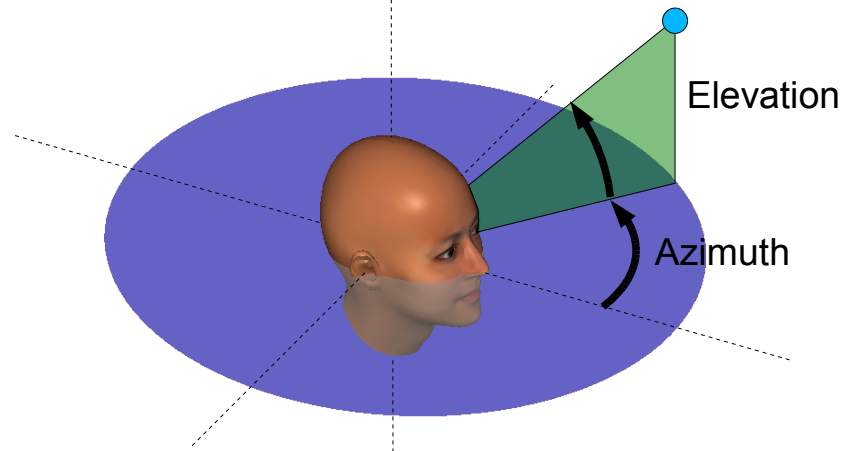
<http://www.kfs.oeaw.ac.at>

piotr@majdak.com



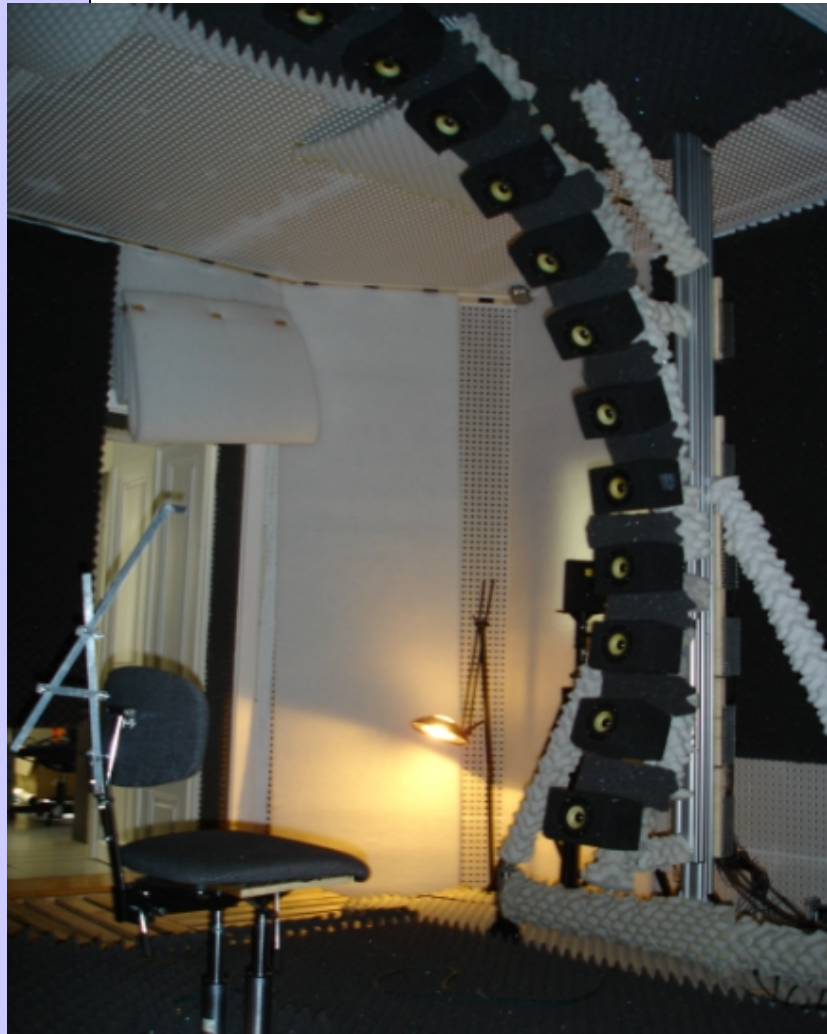
Außenohrübertragungsfunktionen

- Head Related Transfer Functions (HRTF)
 - Beschreiben die Filterwirkung durch
 - Ohrmuschel
 - Kopf
 - Oberkörper
- in Abhängigkeit von der Schallquellenposition



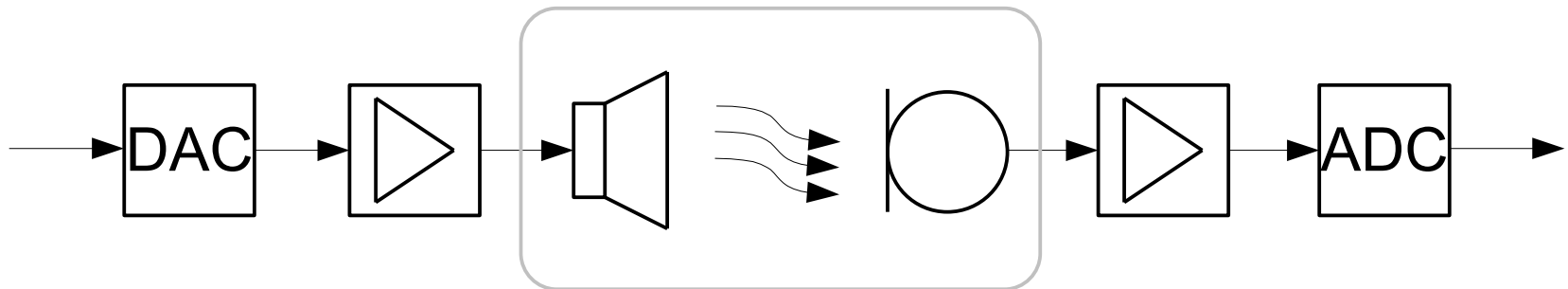


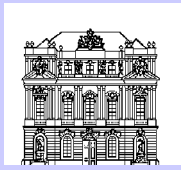
Messung der HRTFs





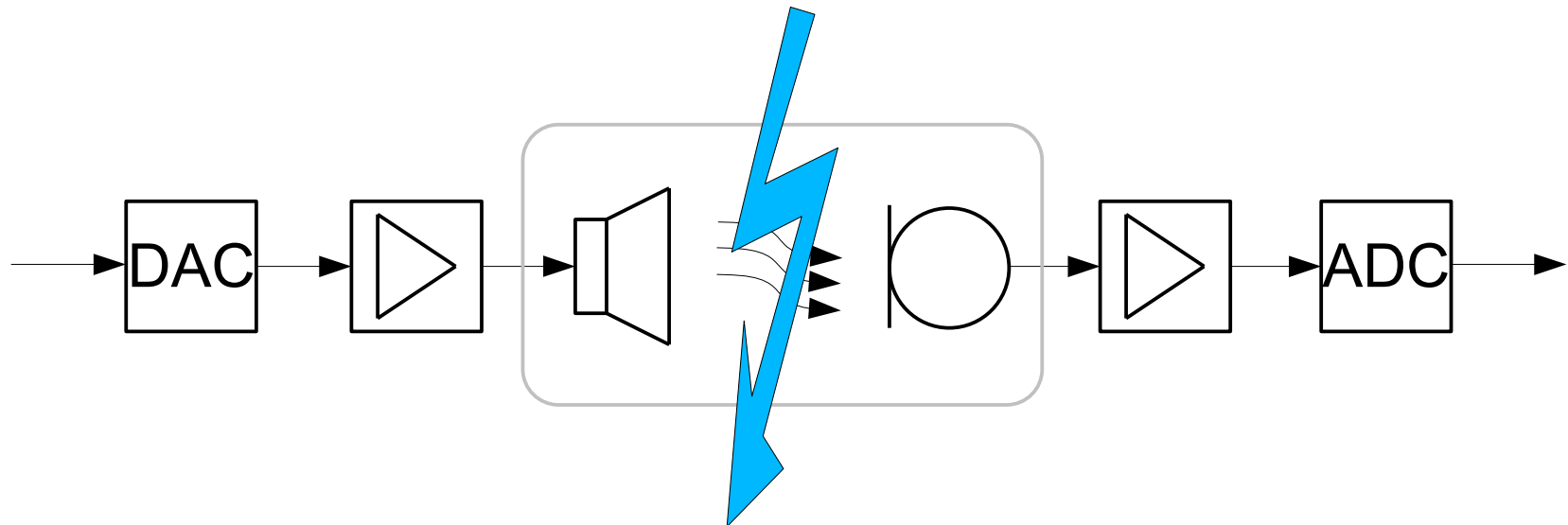
Elektro-Akustische Signalkette





Elektro-Akustische Signalkette

- Leicht nicht-lineares System
- HRTF: lineares System



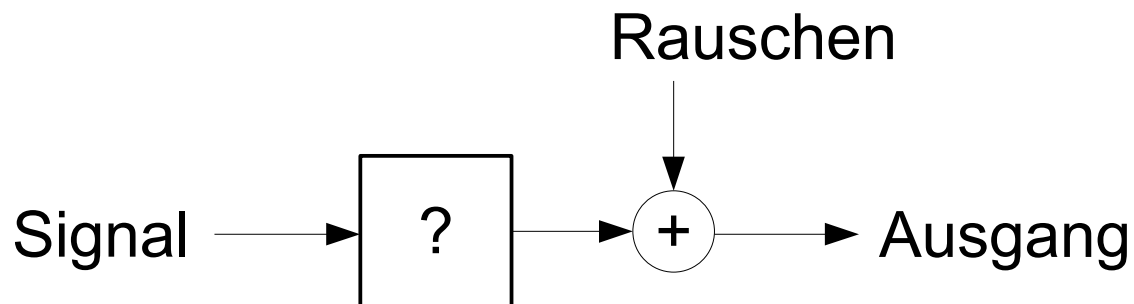
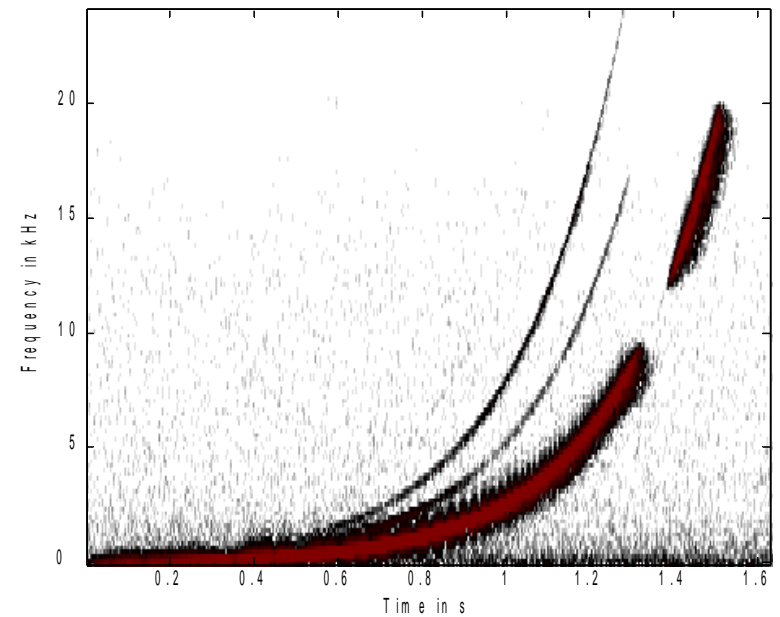
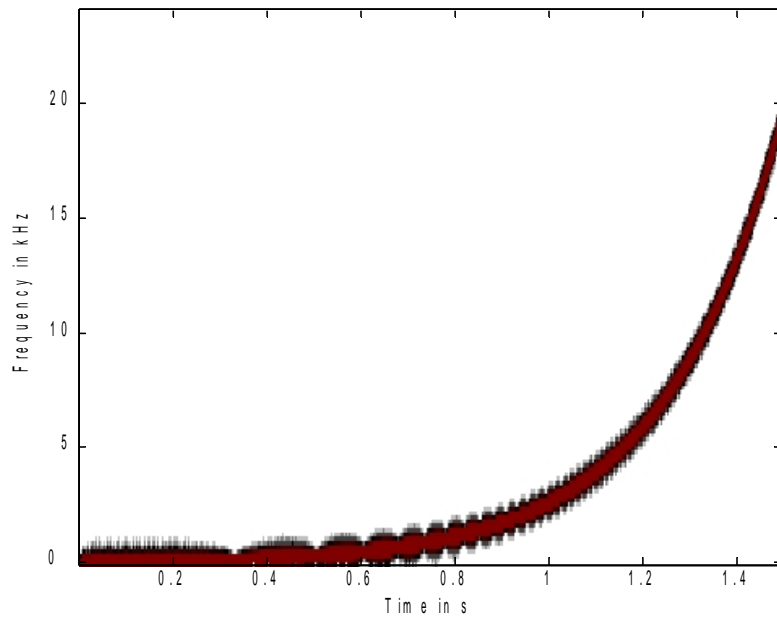


Methoden zur Systemidentifikation

- Periodische Impulsanregung
- 2-Kanal-FFT
- binäre Pseudozufallsfolgen
 - Maximum Length Sequences (MLS)
 - Golay Codes
- Frequenzsweeps:
 - linear (time delay spectrometry)
 - exponentiell

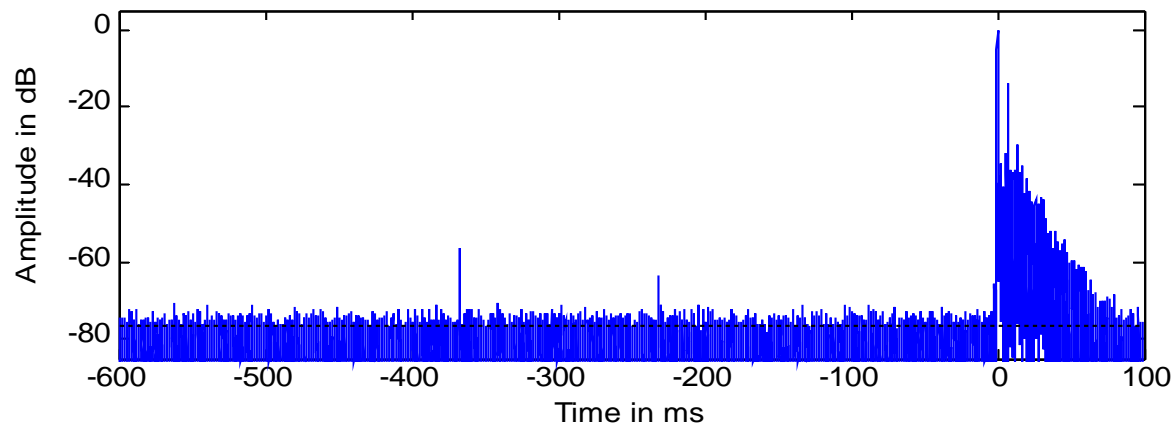
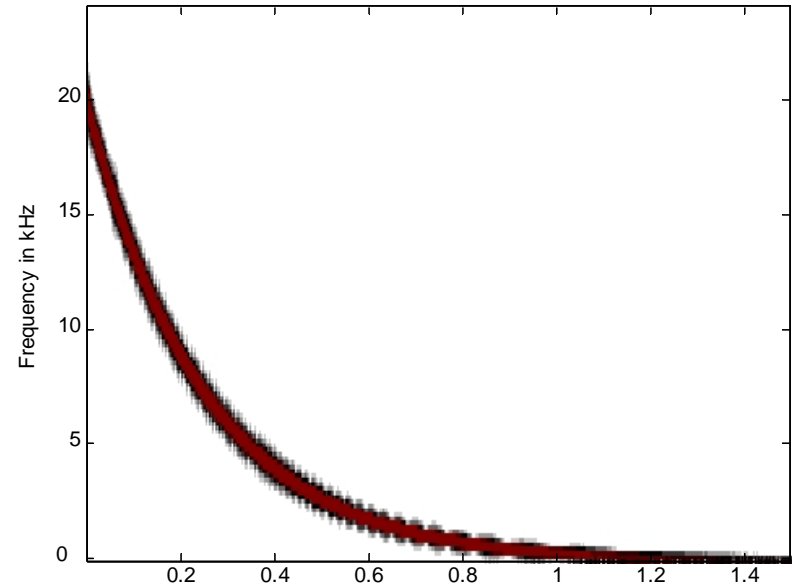
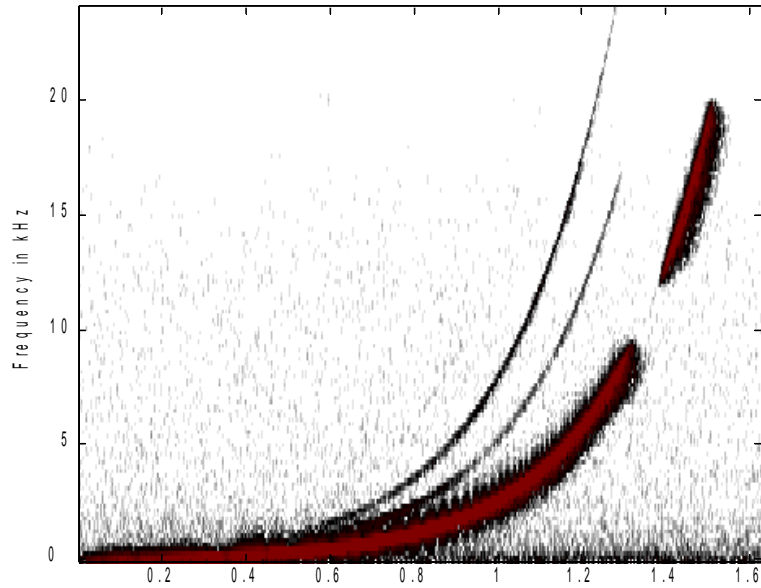


Anregung mit einem exponentiellen Sweep



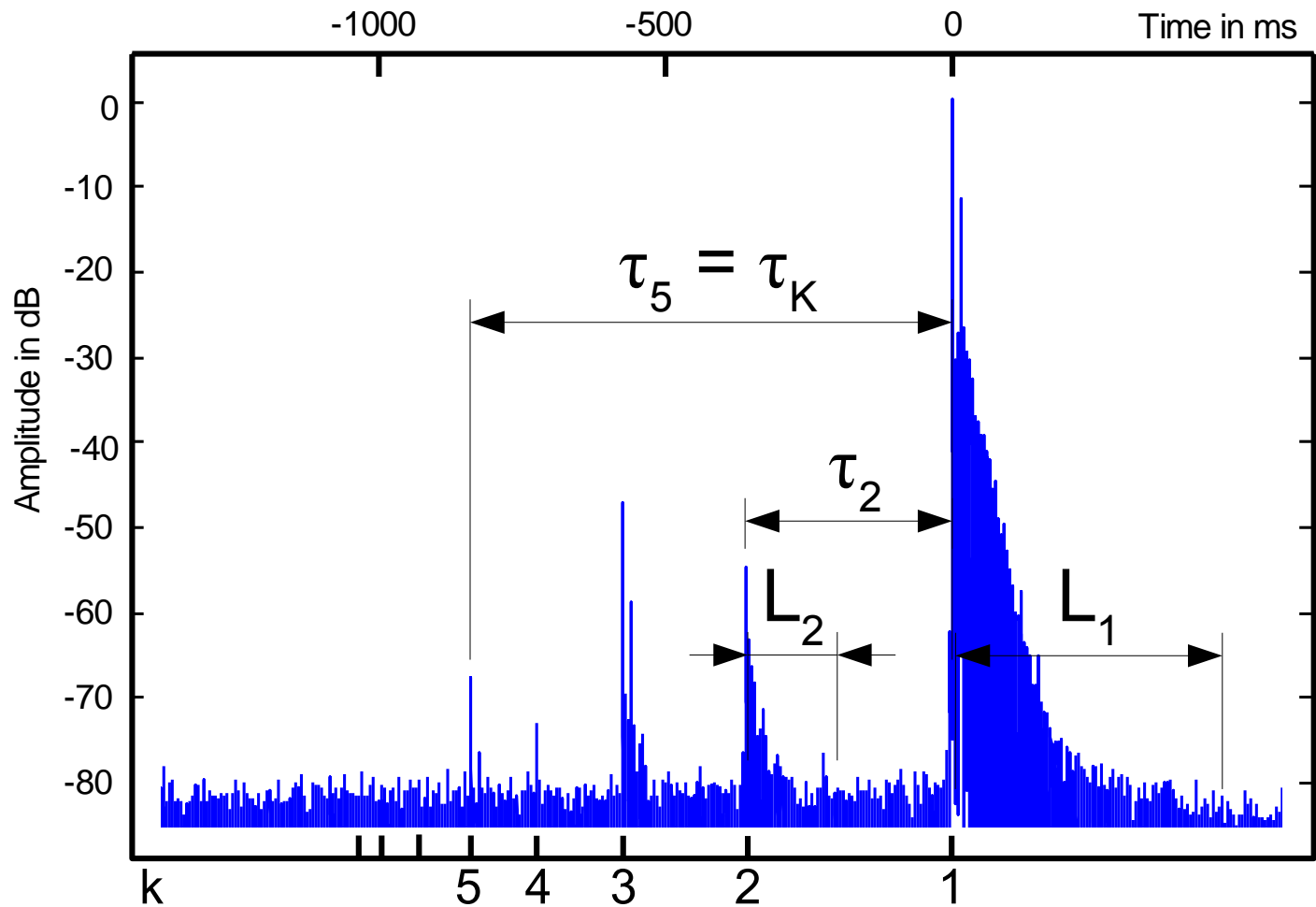


Faltung mit dem inversen Sweep



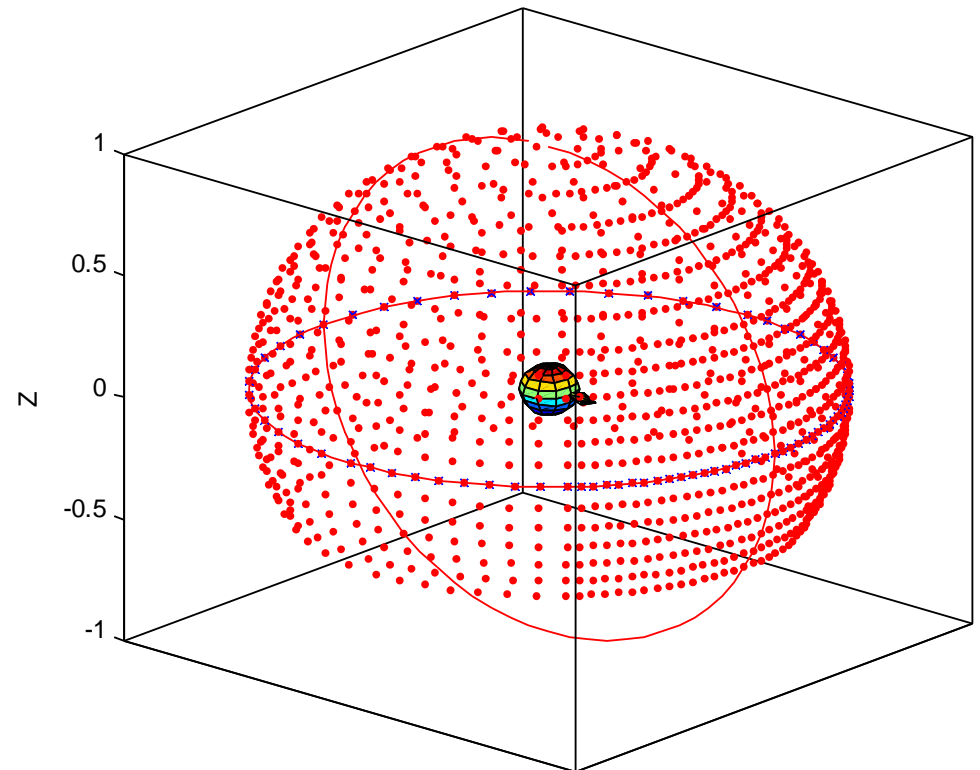
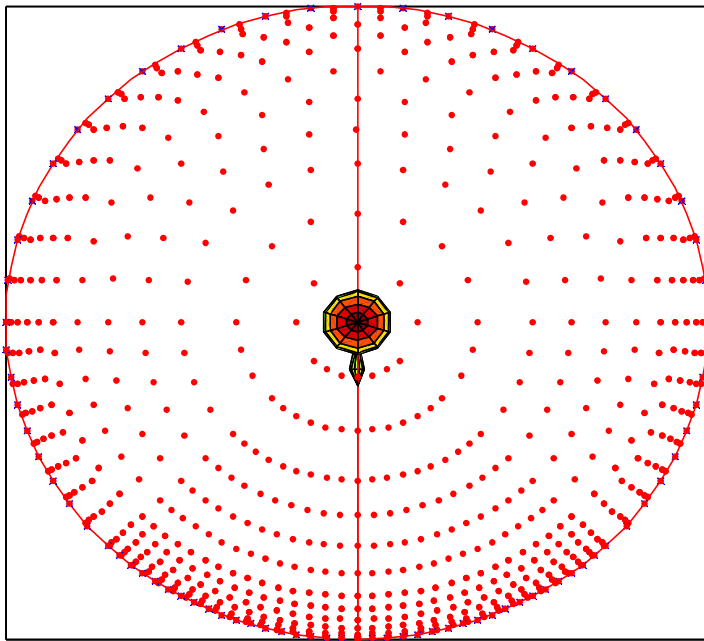


Ergebnis der Entfaltung





HRTF-Messung: 1550 Positionen



1550 Positionen á 1.5 Sekunden: 41 Minuten



Optimierung der Messdauer

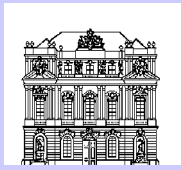
Verzahnung

+

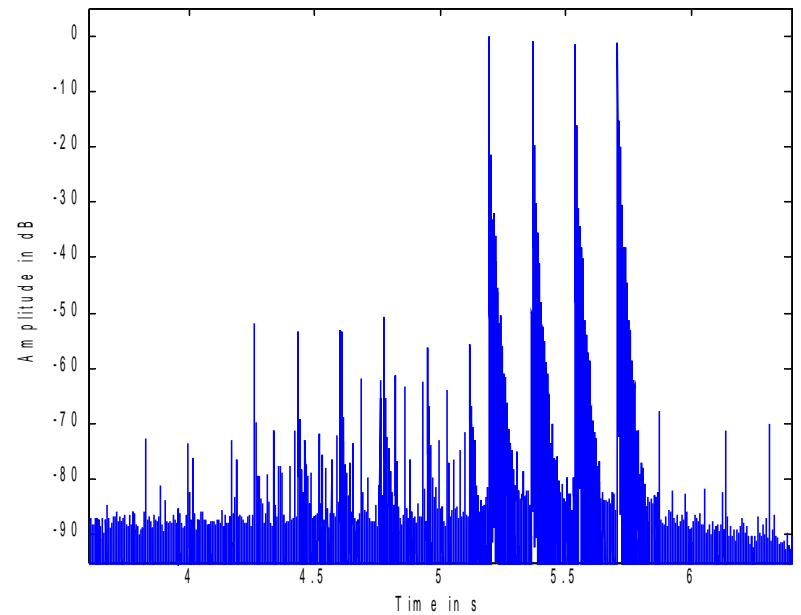
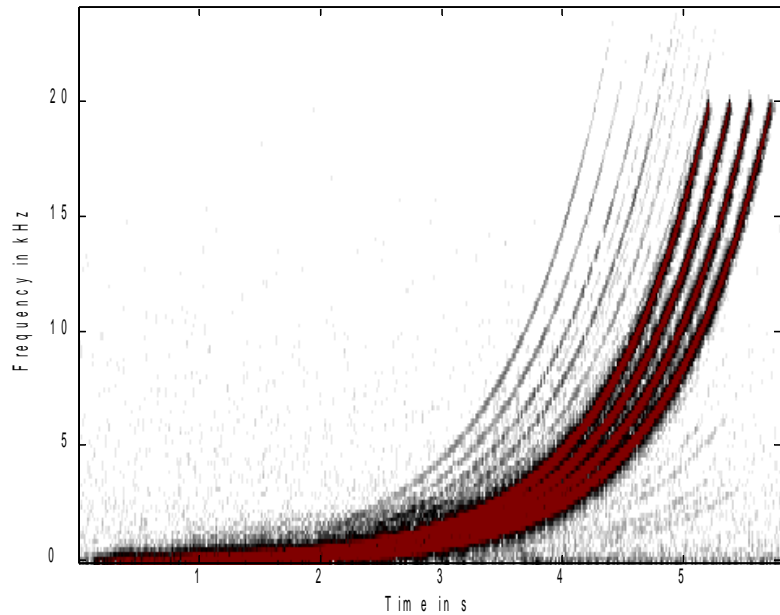
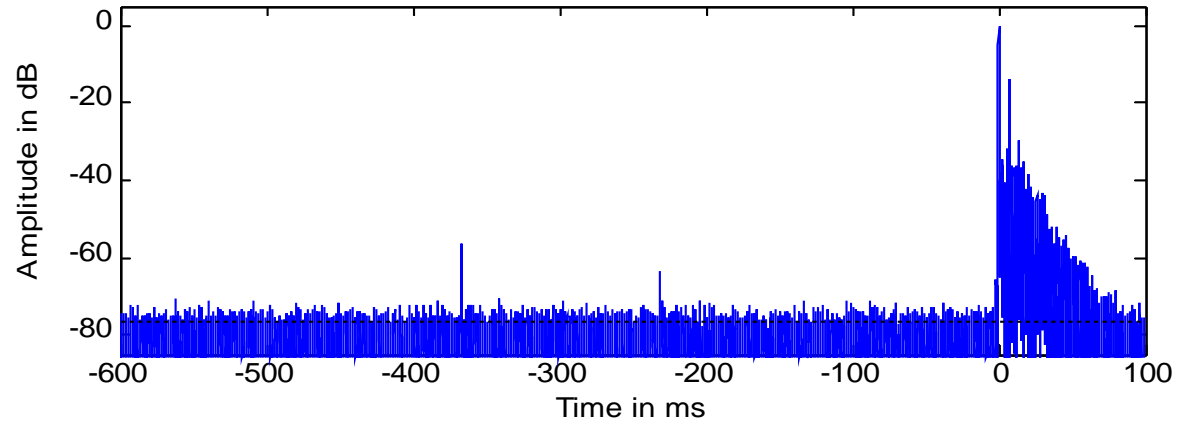
Überlappung

=

Multiple Exponential Sweep Methode
(MESM)

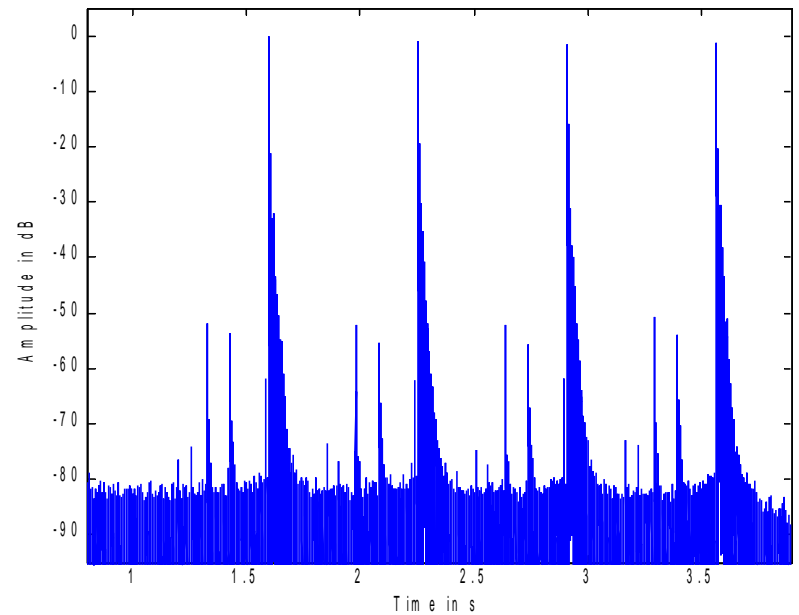
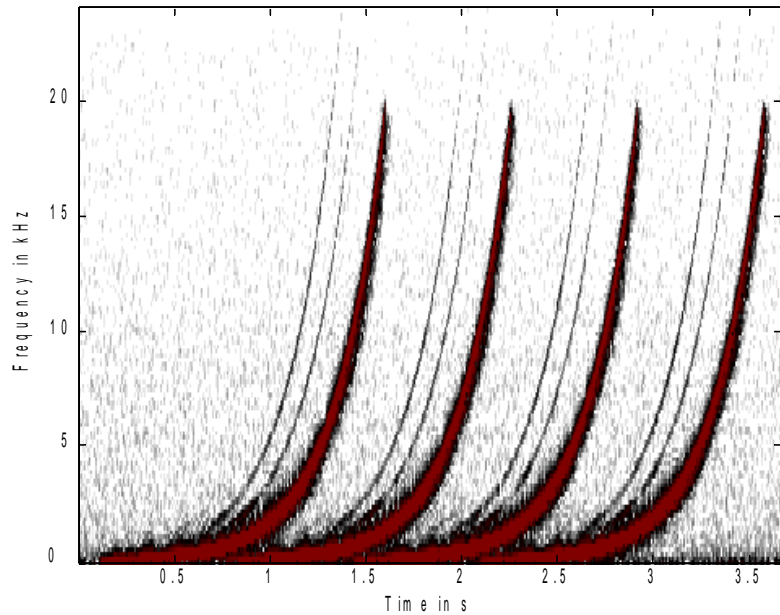
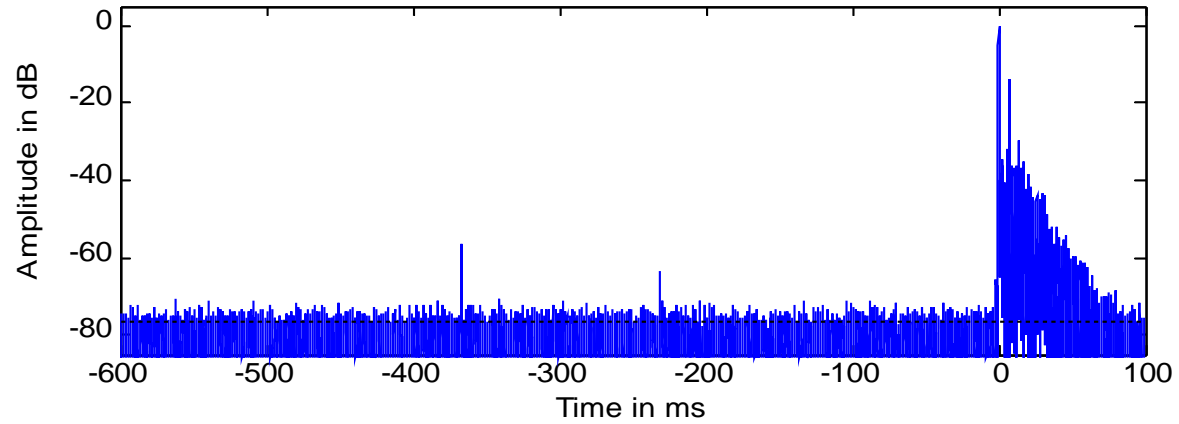


Verzahnung





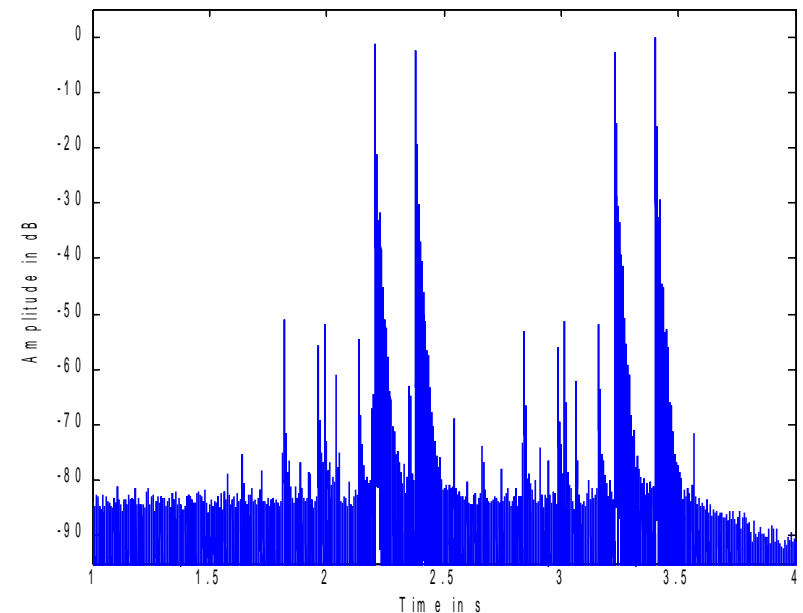
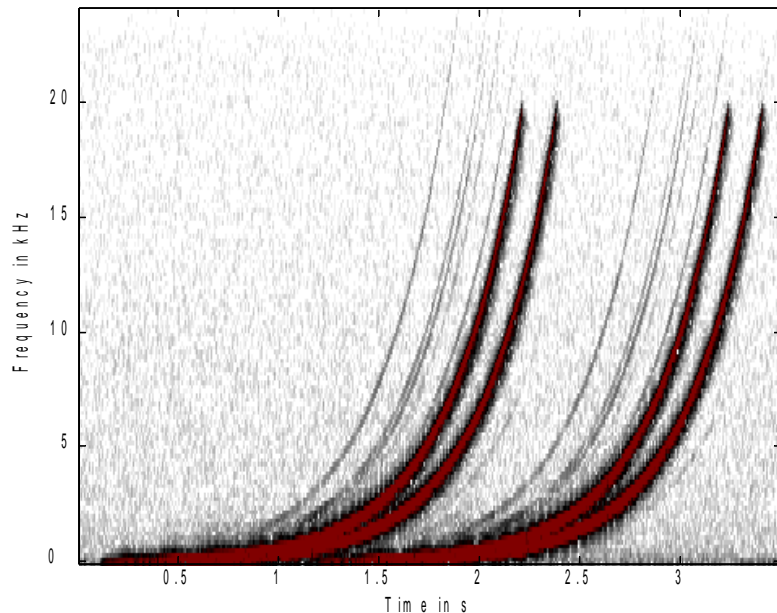
Überlappung





MESM

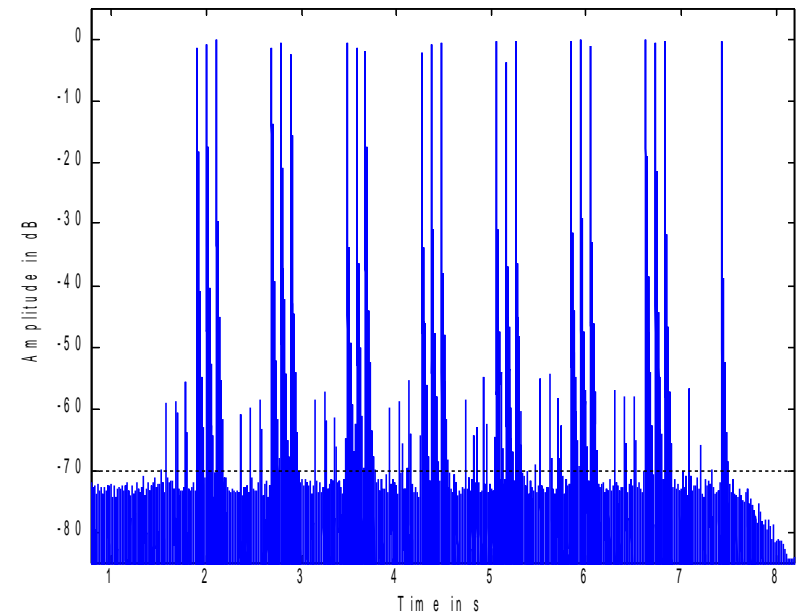
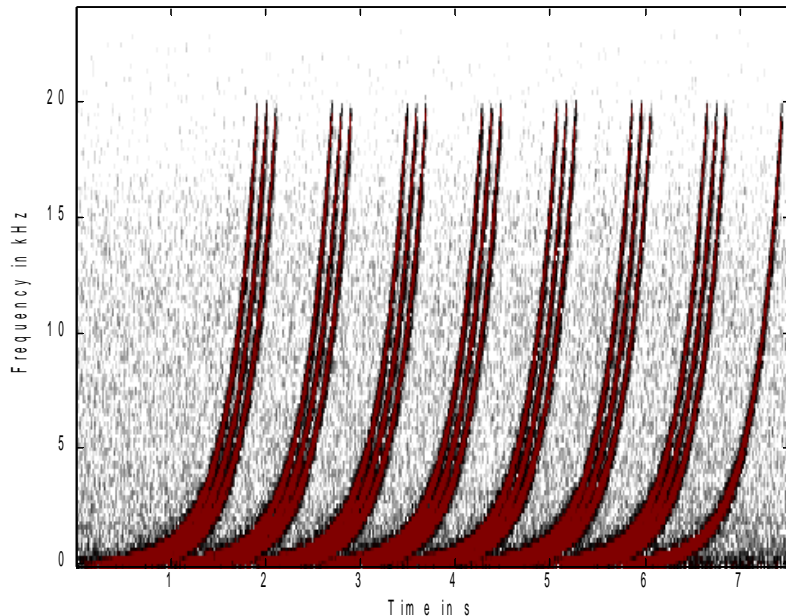
- Optimierung der Zeitpunkte der Anregung
- Notwendige Parameter aus der Referenzmessung
- Erfassung nur linearer Teile des Systems





MESM und HRTF-Messung

- 22 Elevationen
- 7 Gruppen á 3 verzahnte Sweeps + 1 Sweep
- Messdauer: 7.1 statt 35.2 s





HRTF-Messung

- 1550 Positionen
- 144 horizontale Positionen
 - Maximum: 22 Elevationen
 - Durchschnittlich: 11 Elevationen
- Messdauer: 10 Minuten
 - ohne MESM: 41 Minuten
- Zeitgewinn: **Faktor 4!**



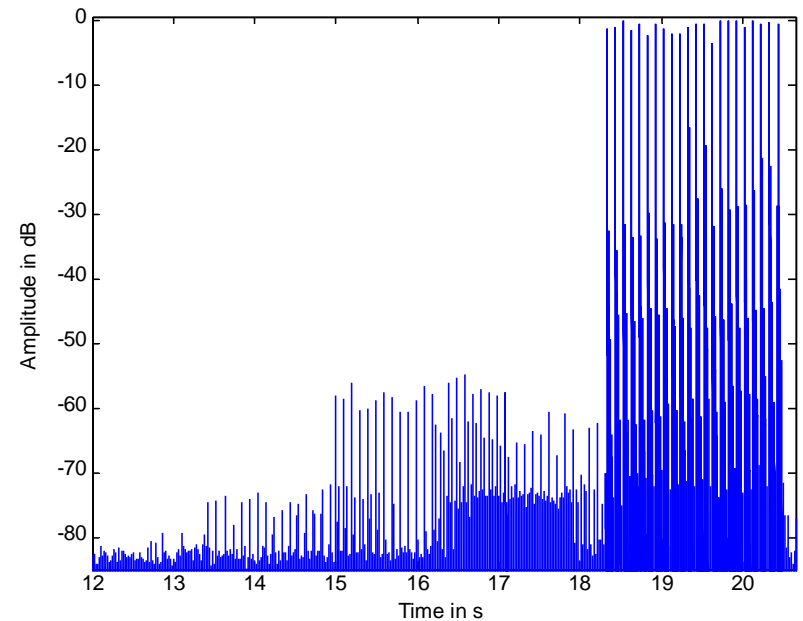
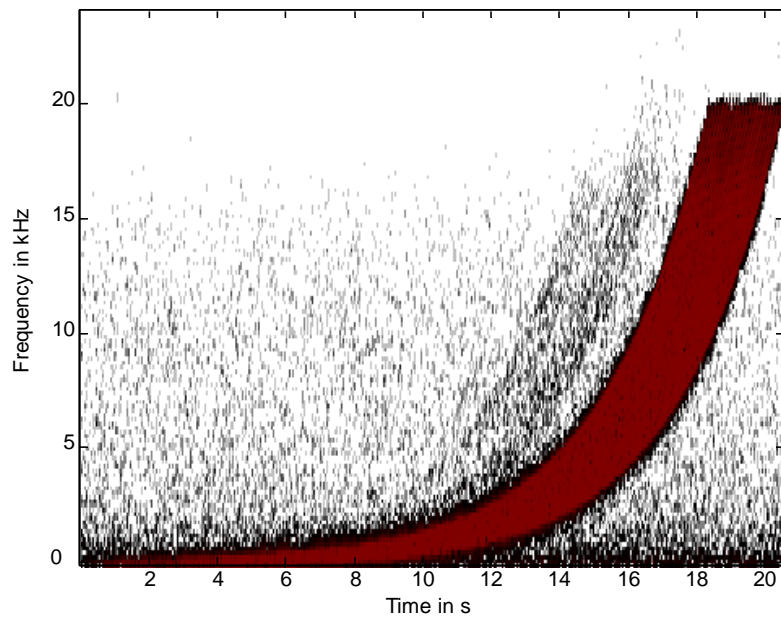
Optimierungen mit MESM

- Optimierung der Messdauer:
 - Dauer des Sweeps nicht verändern
 - MESM anwenden
 - kürzere Messdauer
- Optimierung des Signalrauschabstandes (SNR):
 - Möglichst lange Sweeps verwenden
 - Erhöhung der SNR
 - Durch MESM keine Verlängerung der Messdauer



SNR-Optimierung mit MESM

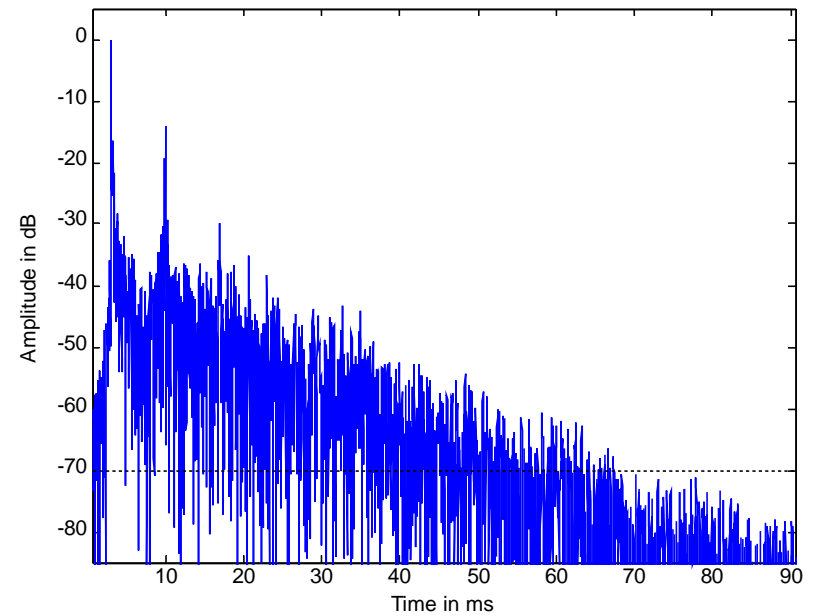
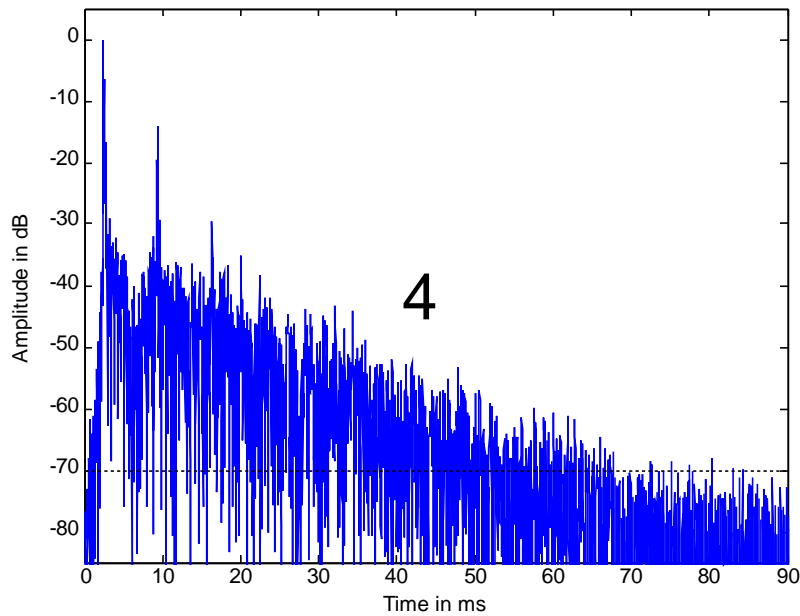
- 22 Sweeps á 33 s (statt 1.5 s)
- Messdauer: 35.2 s (gleich wie ohne MESM)

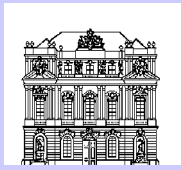




SNR-Optimierung mit MESM

- SNR-Gewinn: 13.4 dB





Multiple Exponential Sweep Methode

- Systemidentifikation leicht nicht-linearer Systeme
- Quasi-simultane Anregung multipler Systeme
- Optimierung in 2 Richtungen:
 - möglichst kurze Messdauer
 - möglichst hoher Signalrauschabstand
- HRTF-Messung als Anwendung:
 - Messdauer: 10 statt 41 Minuten (1550 Positionen)
- Weitere Optimierungen möglich:
 - Höhere SNR: Gabor multiplifier