



# Binaurale Raumaualisation

Projektleiter: Stefan Warum ([warum@iem.at](mailto:warum@iem.at))

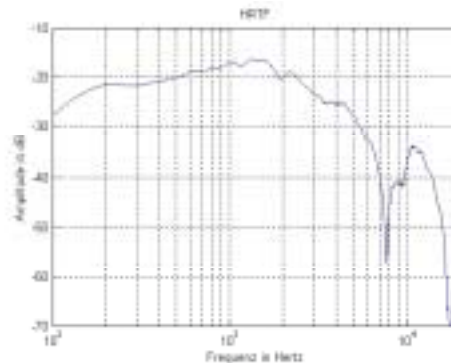
Robert Höldrich

Das Ziel dieser Arbeit ist die Auralisation der Akustik eines realen Raumes mittels Kopfhörerwiedergabe. Im Unterschied zu Verfahren, die virtuelle Modellräume als Grundlage der Auralisation verwenden, soll hier die dreidimensionale akustische Abbildung des IEM CUBE erreicht werden.

Das menschliche Gehör wertet für die Bestimmung der Schalleinfallrichtung verschiedene "auditory cues" aus. Das sind in erster Linie Laufzeit- und Pegeldifferenzen zwischen linkem und rechtem Ohr sowie Klangverfärbungen hervorgerufen durch die Form von Ohrmuschel, Kopf und Torso. Die Gesamtheit dieser Cues lässt sich in HRTF-Kurven darstellen (**head related transfer function**, Außenohrübertragungsfunktion), wobei jeder Richtung eine eigene HRTF zugeordnet ist. Da jeder Mensch individuelle HRTFs besitzt, wird ein Kunstkopf verwendet, um die Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit von Messungen zu gewährleisten. Für diese Arbeit stand der Kunstkopf "Source" der Firma AVL zur Verfügung, dessen Außenohrübertragungsfunktion mit einer Winkelauflösung von  $2,5^\circ$  gemessen wurde. Somit ist es möglich einem beliebigen Signal durch Faltung mit der entsprechenden Impulsantwort eine Richtungsinformation aufzuprägen.



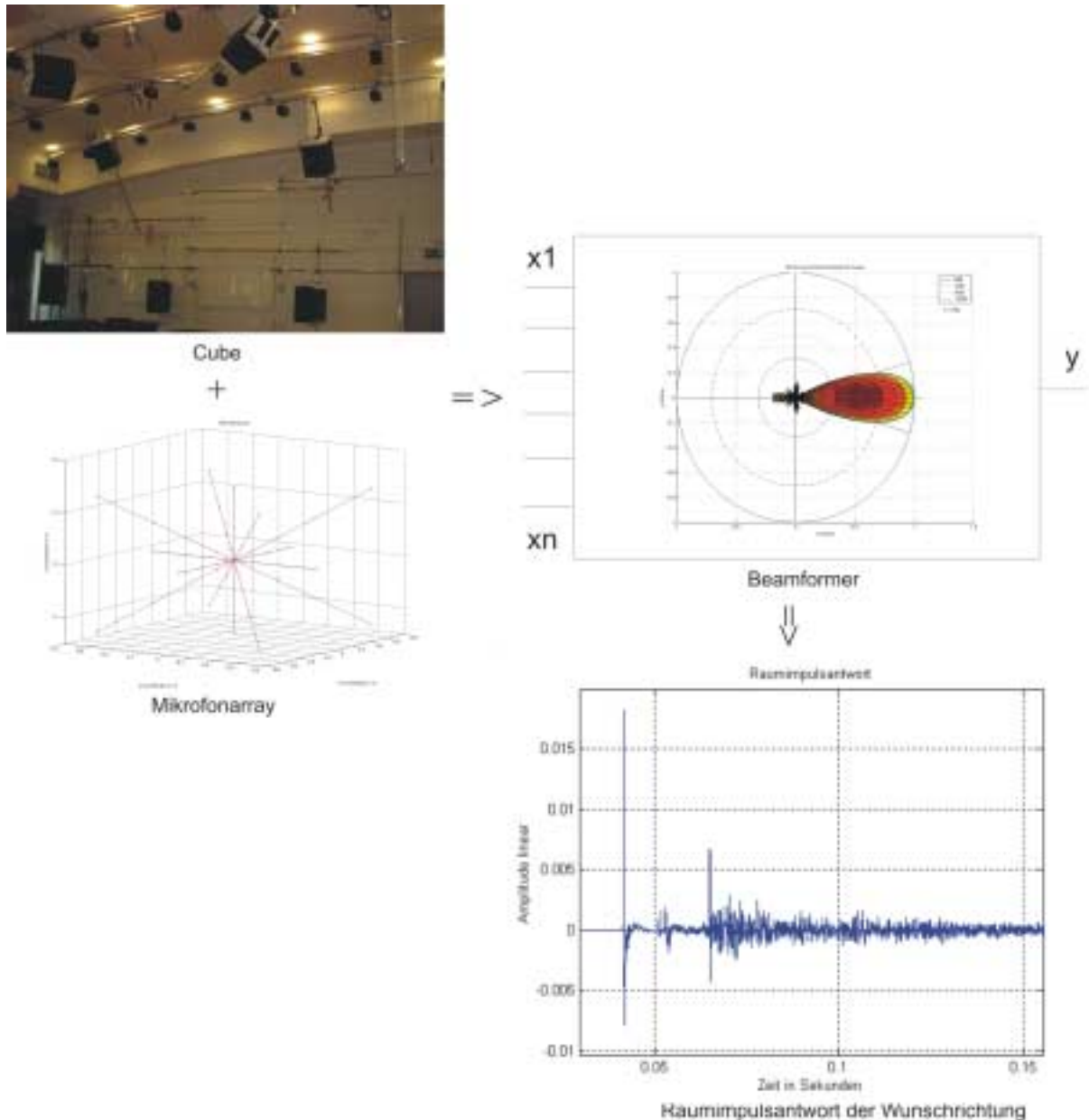
= >



**Abbildung 1: Kunstkopf "Source" und HRTF für  $100^\circ$**

Die Beschallungsanlage des IEM CUBE besteht aus 24 Lautsprechern, die gleichmäßig die obere Hemisphäre abdecken. Für die Vermessung des IEM CUBE kam ein Mikrofonarray zum Einsatz, durch das die direktionalen Raumimpulsantworten der 24 Lautsprecher an 53 Raumpositionen gemessen wurden. Der Vorteil eines Mikrofonarrays im Vergleich zu einem herkömmlichen Richtmikrofon besteht in der Möglichkeit, die räumliche Ausrichtung der Hauptkeule (Vorzugsrichtung des Schalleinfalls) durch nachfolgende Signalverarbeitungsschritte zu steuern. Somit ist eine Festlegung der Mikrofonausrichtung bei

der Messung selbst nicht notwendig. Mit Mikrofonarrays sind schärfere Richtwirkungen erzielbar als mit Einzelmikrofonen, die Form der Richtcharakteristik lässt sich durch geeignete Parameterwahl nachträglich verändern. Dieser Vorgang wird als "Beamforming" bezeichnet.



**Abbildung 2: Verarbeitungsschritte zur Generierung der richtungsbezogenen Raumimpulsantworten**  
 Verwendet man die insgesamt 1272 Raumimpulsantworten als Eingangssignale des Beamformers, ist es möglich den Raum akustisch zu scannen, d.h. man kann durch Ausrichtung der Hauptkeule für jeden Lautsprecher den Direktschall und die Raumreflexionen für jede Richtung getrennt betrachten. Beaufschlagt man diesen Schallanteil mit der zugehörigen HRTF und überlagert alle Einzelkomponenten, sollte sich wieder die ursprünglich mit dem Kunstkopf gemessene Raumimpulsantwort ergeben.