

Binaurale Messungen an Studiomonitoren

Michael Makarski¹, Anselm Goertz²

Audio & Acoustics Consulting Aachen; www.anselngoertz.de

Einleitung

Bei der Beurteilung des Klangeindrucks von Lautsprechern aufgrund von Hörtests können bisweilen interessante sprachliche Konstrukte entstehen. Mangelt es dem Testobjekt an der Fähigkeit eine gewisse räumliche Abbildung des Klangereignisses zu erzeugen so heißt es schon mal, dass der Sänger „hinter das Pult gefallen ist“, oder noch schlimmer, „zwischen den Lautsprechern klebt“. Ist das subjektive Empfinden des räumlichen Eindrucks allerdings gut, so wird lobend hervorgehoben, dass die „Stimmen plastisch im Raum stehen“, oder die „Staffelung der Instrumente unglaublich präzise ist“. Fehlt es dem Testobjekt an Dynamik in der Wiedergabe so klingt es „schlapp“ oder der Lautsprecherbox fehlt „Pfeffer“.

Der umfangreiche Test von Studiomonitoren der 40-Liter-Klasse wurde zum Anlass genommen neben den Standardmessungen (Frequenz- und Phasengang, Spektrum, Störpegel, Directivity in zwei Ebenen, Maximalpegel und Paarabweichung, zur genauen Beschreibung und Auswertung s. [1]) auch einige experimentelle Messungen mit einem Kunstkopf am Abhörplatz vorzunehmen. Aufgrund der besonderen Eigenschaften des Kunstkopfes als Messgerät, sowie des sehr gut erforschten Einflusses der Außenohrphysik auf den Vorgang des räumlichen Hörens, scheint der Kunstkopf prädestiniert zu sein der Fragestellung der räumlichen Abbildungsleistung nachzugehen. Ein weiterer Grund für Kunstkopfmessungen ist die Erfassung von Beugungs- und Abschattungsvorgängen am Torso, Kopf und den Ohrmuscheln, welche von einer 1-Punkt Messung nicht erfasst werden können. Da diese Effekte zudem auch abhängig vom Wellenfeld, also den Abstrahlungseigenschaften der Quelle sind, liegt hier eine mögliche Erklärung für tonale Klangunterschiede zwischen Boxen die „auf Achse gemessen“ nahezu gleich sind.

Dieser Beitrag geht der Fragestellung nach, ob es möglich ist die oben erwähnten Standardmessungen durch einen zweiten Satz binauraler Messungen und zugehöriger Auswertungen zu ergänzen, um die Beurteilung von Lautsprechern in den angesprochenen Kriterien zu objektivieren.

Binaurale Messungen am Abhörplatz

Für die Erfassung der binauralen Impulsantworten wurde der gleiche Versuchsaufbau wie für den Hörtest verwendet (s. auch die Beschreibung in [1]). Dafür wurde, nachdem alle Monitore einer Testreihe sich dem Hörtest unterzogen hatten, die Testperson durch einen Kunstkopf ersetzt (Abbildung 1). Bei dem Kunstkopf handelt es sich um eine Eigenentwicklung des Institutes für Technische Akustik der RWTH Aachen.

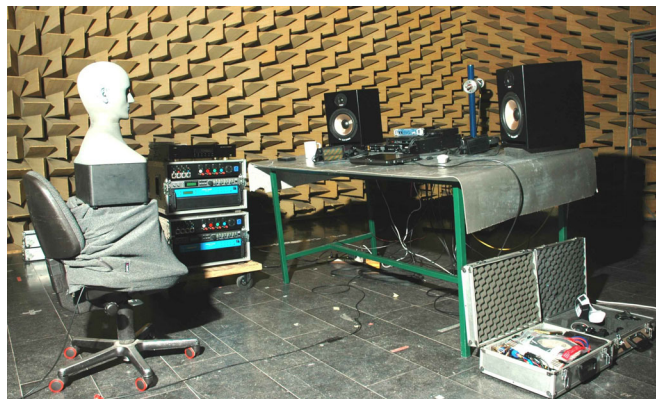


Abbildung 1: Aufbau für die Hörversuche im reflexionsarmen Raum mit Kunstkopf in der Hörerposition

In vergangenen Hörversuchen wurden diesem Kunstkopf „Modell Ecki“ (Im Folgenden zur Abkürzung als Ecki bezeichnet) hervorragende Lokalisationseigenschaften bescheinigt [2].

Ecki wurde dabei so positioniert, dass sich dessen Ohrkanaleingang auf einer Höhe von 1,15 m befand. Da der Torso des Kunstkopfes nur bis zu den Schultern modelliert ist, wurde ein kleiner Unterbau als Torsosimulation verwendet. Neben der richtigen Ohrhöhe, erzeugt der so wesentlich vergrößerte Torso auch ein realistischeres Beugungs- und Reflexionsverhalten. Der Abstand zu den Boxen betrug 2 m und die „Pultbreite“ 1,8 m. Außer den Zuspieldgeräten auf dem Pult wurden Sideracks, sowie diverse Koffer mit Zubehör im Abhörraum platziert. Der ansonsten akustisch ab 100 Hz neutrale Raum wurde so in eine annähernd realistische Abhörsituation überführt. Durch Markierungen auf dem Boden konnte während der mittlerweile achtmonatigen Tests und Messungen eine reproduzierbare Situation geschaffen werden.

Zusätzlich zu den Monitorlautsprechern des Testfeldes wurde ein PA-Lautsprecher mit 12“-Bassmitteltöner und 2“-Horntriebter und 60°x40°-CD-Horn in das Testfeld aufgenommen. Gerade zwischen dem großen Beschallungslautsprecher und den eher kleineren Monitoren sollten sich demnach in den binauralen Messungen Unterschiede zeigen, zumal er in einer für einen derartigen Lautsprecher ungewöhnlich kleinen Abhörentfernung verwendet wurde.

Abbildung 2 zeigt die im rechten Ohr von Ecki gemessenen Betragsfrequenzgänge, wenn der rechte Lautsprecher als Quelle arbeitet. Abgesehen von einer Glättung und Normierung zur besseren Darstellung, sind die Kurven nicht weiter bearbeitet worden. Da sich die Mikrofone im Ohrkanaleingang befinden, tragen die komplexen Frequenzgänge (also Betrag und Phase) sämtliche Informationen die der Mensch zur Dekodierung der

räumlichen und zeitlichen Struktur von Schallereignissen benötigt. Der Gehörgang selber und das Trommelfell beeinflussen aufgrund ihrer kleinen Abmessungen und damit lediglich monomodalen Wellenausbreitung, bzw. Schwingungsformen des Trommelfells, die Außenohrübertragungsfunktion nicht. Damit entsprechen die spektralen Unterschiede in diesem Kurvenbündel auch den spektralen Unterschieden am Trommelfell, unabhängig von der individuellen Geometrie der Gehörgänge verschiedener Personen.

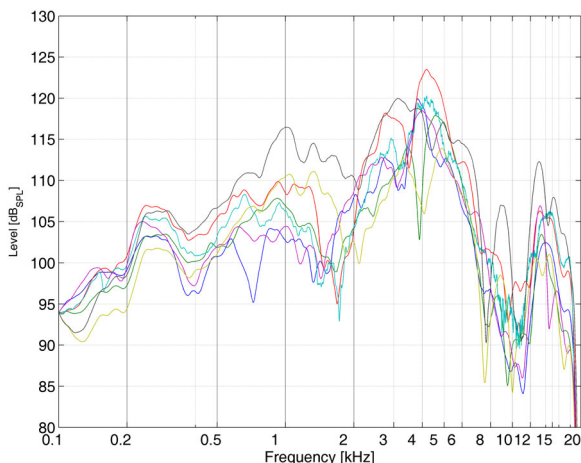


Abbildung 2: Kunstkopfmessung des Betragsfrequenzganges der Kombination rechter Lautsprecher-rechtes Ohr am Abhörplatz für eine Auswahl von Monitoren und der PA-Box

Neben dem typischen Verlauf der Kurven ist zu bemerken, dass die Kurven einer recht großen Streuung unterliegen. Es scheint allerdings unmöglich ohne weitere Bearbeitungsschritte irgendeine weitere Information aus den Kurven direkt abzulesen. Aufgrund des Versuchsaufbaus mit den Reflexionen durch die Pultoberfläche, den individuellen Übertragungseigenschaften der Boxen und der Verzerrung durch den Kunstkopf selber sind zu viele Informationen gleichzeitig enthalten.

Auswertung

Vor der Auswertung wurden die Kurven folgenden Bearbeitungsschritten unterzogen:

1. Bezug der Kunstkopfmessungen auf Mikrofonmessung in Kopfmittle in Abhörposition, so dass der Achsenfrequenzgang samt Pult- und Bodenreflexion aus der Kunstkopfmessung entfernt ist. Es verbleibt nur der Anteil, der durch die Unterschiede im Wellenfeld hervorgerufen wird.
2. Im zweiten Bearbeitungsschritt werden die HRTFs schließlich auf die dem entsprechenden Winkel (hier Horizontalebene, -24°) zugeordnete HRTF aus einer Freifeldmessung mit Kugelquelle bezogen.

Durch Vergleich der so berechneten spektralen Differenzen mit denen aus einer Idealmessung mit Kugelquelle kann die frequenzabhängige Elevation der Lautsprecher berechnet werden.

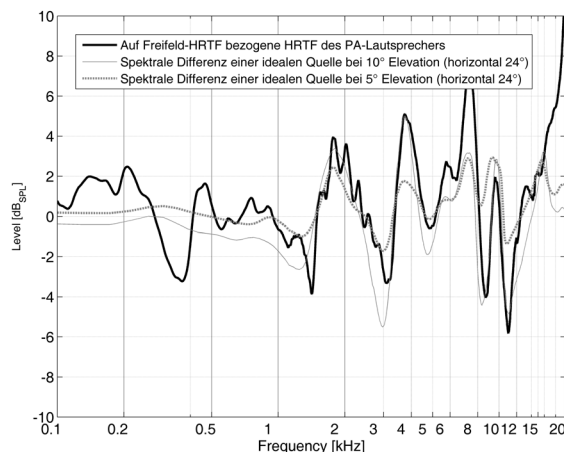


Abbildung 3: Vergleich der auf die Freifeld-HRTF bezogene HRTF des PA-Lautsprechers mit den spektralen Differenzen, die durch eine ideale Quelle unter 5° und 10° Elevation verursacht werden

Anhand des PA-Lautsprechers konnte die Richtigkeit der Messungen und Berechnung verifiziert werden. Die Messungen zeigen eine Quelle unter 5° bis 1000Hz, die dann in eine Quelle unter 10° übergeht.

Fazit

Die Auswertung der Monitorlautsprecher bestätigte folgenden interessanten Zusammenhang: Sehr kleine Boxen ohne ausgeprägtes Richtverhalten erzeugten durch die pultnahe Aufstellung (Reflexionen) keine eindeutigen Quelleninformation. D.h. dass das der Hörer möglicherweise nicht in der Lage ist die Schallquelle richtig zu lokalisieren. Dies führt dann in der Folge zu irritierenden Höreindrücken: „...die Band steht unter dem Pult ...“ etc. Im Gegensatz dazu ergab die Auswertung der etwas größeren Boxen mit präzisiertem Richtverhalten, dass eindeutige Ortsinformation vorhanden sind. Beim Abhören verhalten sich diese Typen vollkommen neutral und erzeugen diese Irritationen nicht. Damit konnte ein aus den Standardmessungen nicht erklärbares Verhalten eindeutig auf physikalisch messbare Größen zurückgeführt werden.

Weiterhin geplant ist bei den in Zukunft folgenden Testreihen die Aufzeichnung der binauralen Impulsantworten in Studioumgebung, um die Wechselwirkung zwischen Abstrahlverhalten und Raumakustik zu erfassen und auszuwerten.

Literatur

- [1] Goertz, A.; Makarski, M.: "Vergleich der messtechnischen Parameter von Studiomonitoren mit den Bewertungen bei Hörtests" 24. Tonmeistertagung, 2006, Proceedings, Nov. 2006
- [2] Schmitz, A. „Beschreibung und Anwendung eines neuen digitale Kunstkopfsystems“. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 95. Oldenburg: DEGA, 1995, S. 771-774