

Vergleichbarkeit von Aufnahmen mit Messsystemen von HEAD acoustics

1. Vergleichbarkeit von Messungen mit verschiedenen HMS-III-Kunstköpfen

Es ist nicht immer davon auszugehen, dass Kunstkopfmessungen, die verglichen werden sollen, alle mit dem gleichen Kunstkopfmesssystem aufgenommen wurden. Da es sich beim HMS-III-Kunstkopf um ein kalibriertes Aufnahmesystem handelt, ist aber gewährleistet, dass Aufnahmen, die mit unterschiedlichen Kunstköpfen, aber unter genau identischen Messbedingungen aufgenommen wurden, vergleichbar sind.

Um die Vergleichbarkeit zu überprüfen, wurden mit sechs HMS-III-Kunstköpfen aus unterschiedlichen Produktionsjahren Aufnahmen von derselben Geräuschquelle in einem diffusen Schallfeld gemacht. In Abbildung 1.1 sind die Differenzen zwischen den einzelnen Aufnahmen und dem Mittelwert aller Aufnahmen (jeweils nur der linke Kunstkopfkanal) dargestellt. Die Terzpegel-Analyse dieser Differenzen zeigt, dass das Übertragungsverhalten verschiedener HMS-III-Kunstköpfe sehr ähnlich ist und damit auch Messungen, die mit verschiedenen Messsystemen aufgenommen wurden, vergleichbar sind. Die Abweichungen liegen bis 500 Hz in einem Toleranzbereich von ± 1 dB und darüber in einem Toleranzbereich von $\pm 1,5$ dB.

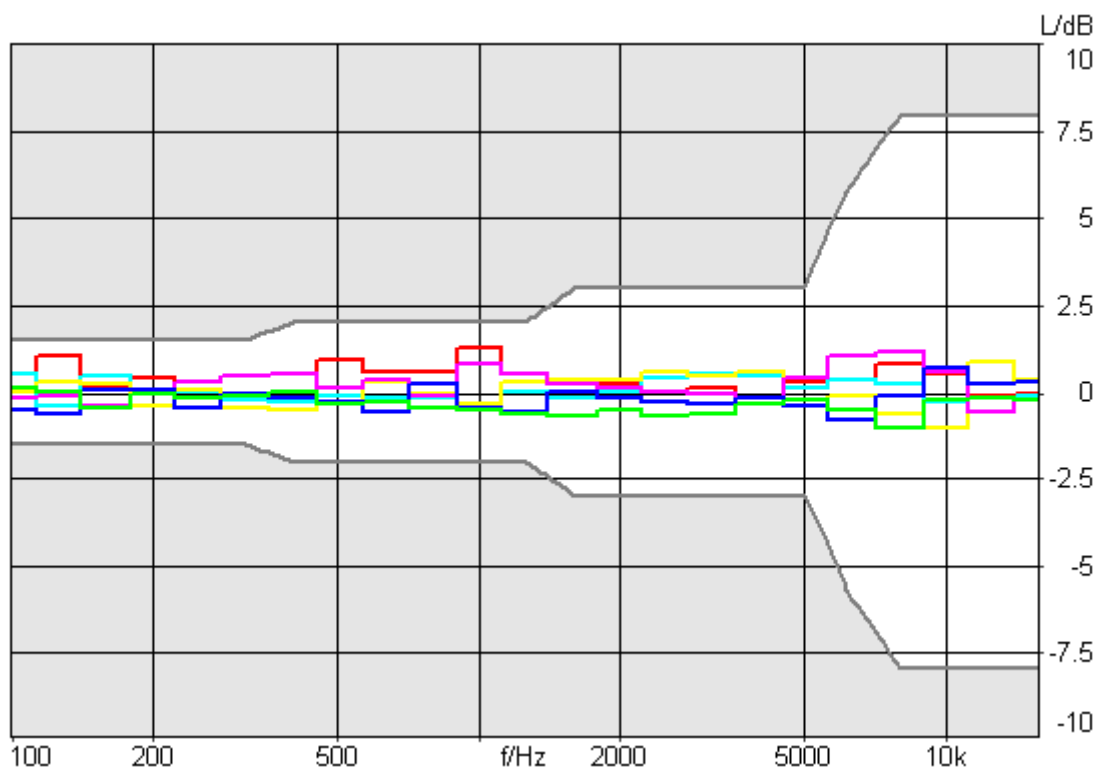


Abbildung 1.1: Vergleich des Übertragungsverhaltens von sechs verschiedenen Kunstköpfen (Differenz zum Mittelwert, jeweils der linke Kunstkopfkanal); zusätzlich sind die laut IEC 959 zulässigen Toleranzen für das Übertragungsverhalten im Freifeld als graue Kurven eingezeichnet

Unterhalb von 200 Hz werden eventuell auftretende Differenzen nur durch den Messaufbau hervorgerufen und nicht durch Unterschiede zwischen den Kunstköpfen.

Zur Bestimmung dieser Toleranzen muss sichergestellt sein, dass die Messposition für alle Kunstköpfe genau identisch ist. Ansonsten würde ein Vergleich der Aufnahmen nur die Homogenität bzw. Inhomogenität des Schallfeldes, aber nicht Unterschiede im Übertragungsverhalten der Kunstköpfe aufzeigen (siehe hierzu auch Kapitel 3.1).

Die Kunstköpfe der vierten Generation (HMS IV.0 und HMS IV.1) unterliegen denselben Toleranzen, da die Fertigung der für die Übertragungsfunktion bestimmenden Teile wie Kopfschale, Schultereinheit und Ohrform denselben Schwankungen unterliegt wie für den HMS III. Außerdem sind die zugrunde liegenden Bedingungen und Qualitätsstandards beim Einmessen der HMS-IV-Kunstköpfe mit denen des HMS III identisch.

2. Unterschiede zwischen HMS-II- und HMS-III/HMS-IV-Kunstköpfen

2.1 Verbesserung der Entzerrung vom HMS-II-Kunstkopf zum HMS-III-Kunstkopf

Bei der Weiterentwicklung der HMS-II-Kunstköpfe bis hin zum HMS-III-Kunstkopf wurden immer wieder Verbesserungen in der verbauten Technik und der Entzerrung vorgenommen. Der HMS-II-Kunstkopf kam zunächst mit analoger Technik auf den Markt, die dann durch digitale Technik (HMS II.d) ersetzt wurde. Der dann eingeführte HMS III wurde sofort mit digitaler Technik konstruiert, wobei bei diesem neueren Kopf die gesamte Elektronik in die Kopf-Schulter-Einheit integriert werden konnte. Besonders der Schritt von der analogen hin zur digitalen Technik ermöglichte eine Optimierung der Entzerrung, die eine noch wirklichkeitsgetreue Abbildung des originalen Schallfeldes erlaubt. In Abbildung 2.1 ist ein Vergleich einer analogen HMS-II-Entzerrung mit der digitalen eines HMS-III-Kunstkopfes dargestellt. Man kann klar erkennen, dass die digitale Entzerrung des HMS-III-Kunstkopfes sehr viel differenzierter ist. Mit der analogen Technik des HMS-II-Kunstkopfes ist eine solche Auflösung nicht zu realisieren.

2.2 Vergleichbarkeit von HMS-II.d- und HMS-IV-Aufnahmen

Aufgrund der Verbesserungen, die im Laufe der Entwicklung der Kunstköpfe vorgenommen wurden, kommt es auch zu Veränderungen in den Übertragungseigenschaften. Einem Kunden, der bereits einen HMS-II-Kunstkopf mit digitaler Technik benutzt und ein weiteres Kunstkopfsystem der HMS-IV-Baureihe anschaffen möchte, wird empfohlen, die Entzerrung des alten HMS-II-Messsystems auf den neuen HMS-IV-Kunstkopf anpassen zu lassen, um so die Vergleichbarkeit zwischen Messungen mit dem alten und dem neuen System zu gewährleisten. Für eine solche Anpassung muss das HMS-II-Messsystem HEAD acoustics zur Verfügung gestellt werden. Die alten Entzerrungen verbleiben auf dem System. Für vergleichbare Messungen werden weitere Entzerrungen auf das System aufgespielt. Mit einer solchen Anpassung kann man erreichen, dass die Übertragungseigenschaften der beiden Systeme sich genauso ähnlich sind wie die von unterschiedlichen HMS-III/HMS-IV-Kunstköpfen. D.h. die Übertragungseigenschaften liegen ungefähr in dem in Abbildung 1.1 gezeigten Bereich.

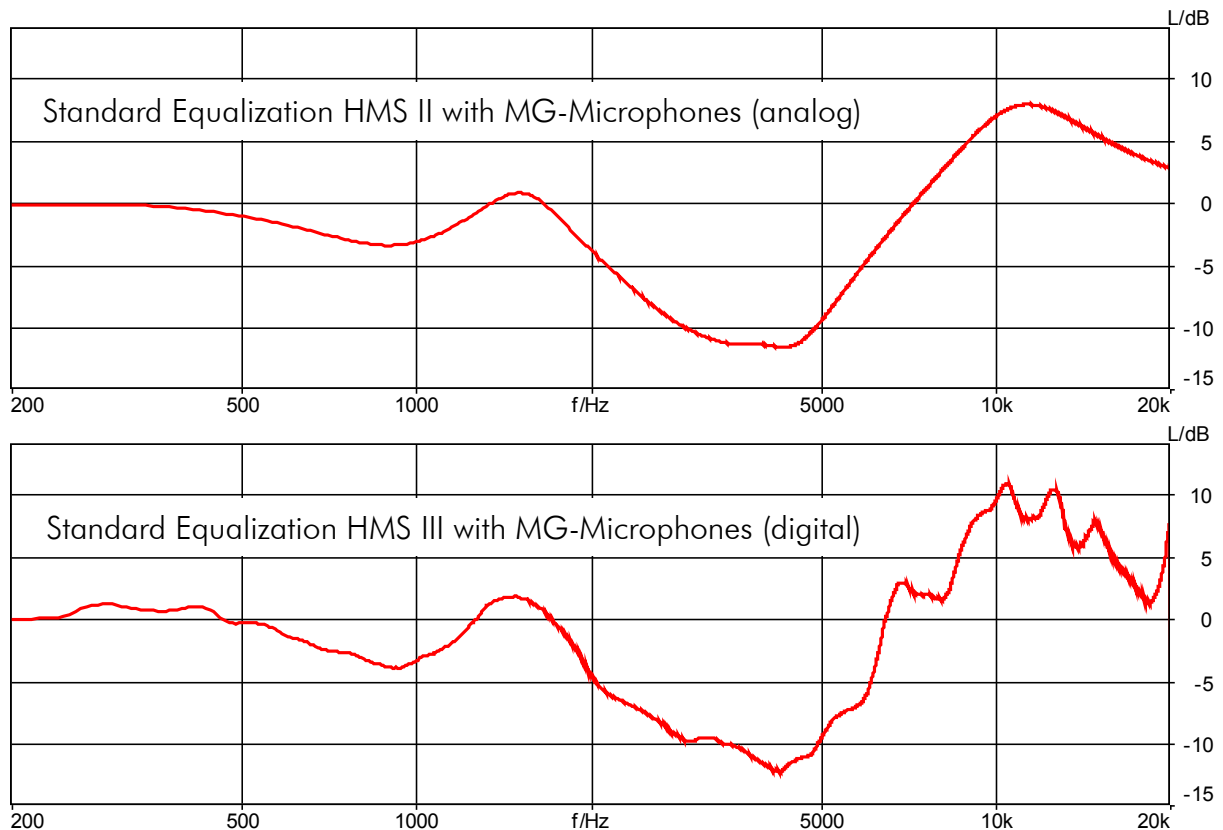


Abbildung 2.1: Vergleich einer HMS-II-Entzerrung (analog) mit einer HMS-III-Entzerrung (digital)

3. Vergleichbarkeit von BHM-Messungen

3.1 Vergleichbarkeit von Messungen mit einem Kopfbügelmikrofon (BHM), das von verschiedenen Personen getragen wurde

Abbildung 3.1 zeigt vier BHM-Aufnahmen bezogen auf den Mittelwert dieser Aufnahmen (jeweils der rechte Kanal). Die Aufnahmen wurden mit einem BHM durchgeführt, das von vier verschiedenen Versuchspersonen in halliger Umgebung (Mischung aus Direktschall und Reflexionen) getragen wurde. Die Versuchspersonen standen dazu an einer genau definierten Stelle eines Schallfeldes. Das Diagramm zeigt, dass die Kurven unterhalb von 5 kHz nur geringe Unterschiede aufweisen. Oberhalb der Frequenz von 5 kHz werden die Unterschiede größer und betragen ca. 5 dB. Diese Unterschiede sind darauf zurückzuführen, dass das BHM von verschiedenen Personen getragen wurde, die sich natürlich in ihrer Statur unterschieden. Schon geringe Abweichungen in der Physiognomie der Personen verändern die Übertragungseigenschaften und somit die Aufnahmen.

Außerdem hat die Positionierung des Kopfbügelmikrofons auf dem Kopf des Trägers und die Positionierung des Trägers selber einen erheblichen Einfluss auf die Messungen. Das heißt, um eine hohe Vergleichbarkeit der Messung zu ermöglichen, sollte der Träger des BHM sehr genau darauf achten, dieses bei allen Messungen gleich zu tragen. Außerdem ist es sehr wichtig, die Position des BHM innerhalb des Schallfeldes zu kontrollieren und möglichst konstant zu halten, wenn unterschiedliche Personen das BHM tragen.

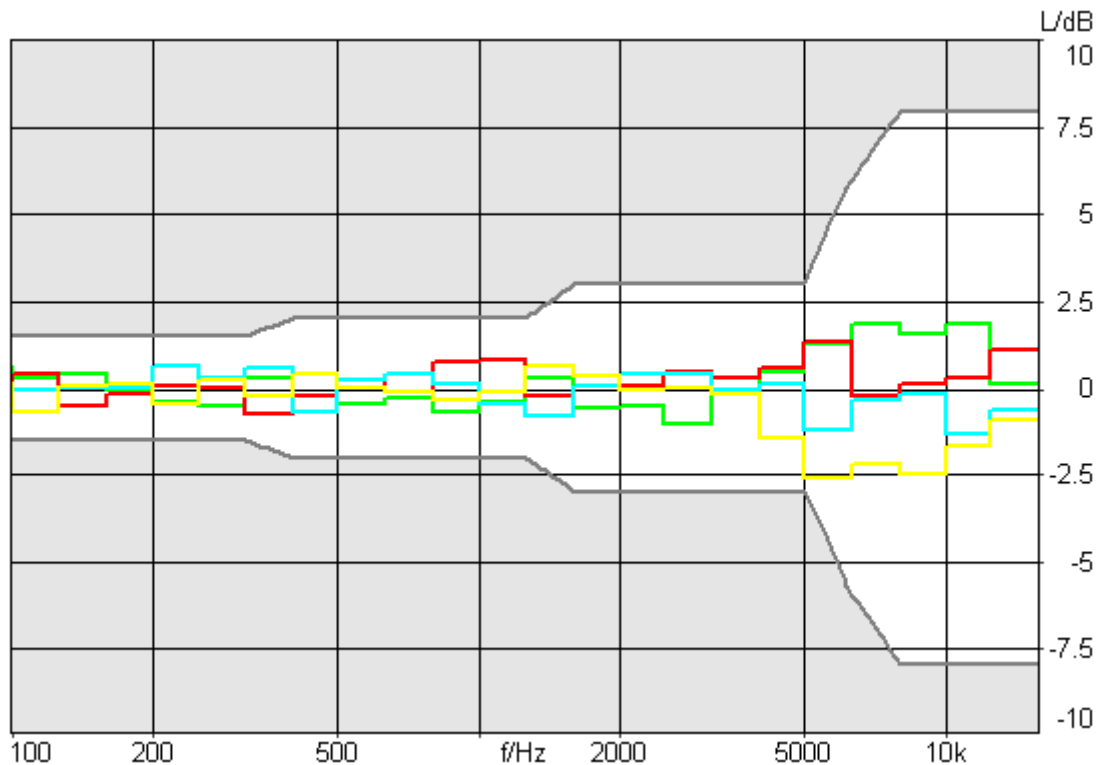


Abbildung 3.1: Vergleich von vier Messungen mit einem BHM, das von vier verschiedenen Personen getragen wurde (jede Kurve stellt jeweils die Differenz zum Mittelwert des rechten Kanals der Messung einer Person dar); zusätzlich sind die laut IEC 959 zulässigen Toleranzen für das Übertragungsverhalten eines Kunstkopfes im Freifeld als graue Kurven eingezeichnet

Das Schallfeld in einem Fahrzeuginnenraum kann aufgrund von Resonanzen lokal sehr große Unterschiede in Frequenz und Pegel aufweisen. Beim Durchführen einer akustischen Messung, bei der ein BHM von zwei Personen getragen wird, die sich in ihrer Körpergröße stark unterscheiden, und die die Positionierung der Mikrofone nicht kontrollieren, kann es so zu nennenswerten Unterschieden in der Frequenzverteilung der Aufnahmen kommen. Das heißt nicht, dass Messungen mit dem BHM nicht vergleichbar sind. Bei der richtigen Benutzung gewährleistet auch des BHM das Erstellen von reproduzierbaren Messungen.

3.2 Vergleichbarkeit von Kunstkopf- und BHM-Messungen

Um die Vergleichbarkeit von BHM-Messungen mit Kunstkopfmessungen (HMS III und HMS IV) zu gewährleisten, ist die ID-Entzerrung der Kopfbügelmikrofone auf die der HMS-III-/HMS-IV-Kunstköpfe angepasst.

Diese Anpassung wurde früher so durchgeführt, dass ein BHM, das auf einen Kunstkopf gesetzt wurde, nach der ID-Entzerrung das gleiche Übertragungsverhalten zeigt wie ein HMS-III-/HMS-IV-Kunstkopf mit aktivierter ID-Entzerrung. Bei der Weiterentwicklung des BHM wurde festgestellt, dass diese Entzerrung nicht praxisnah ist. Das BHM wird im alltäglichen Einsatz nicht von einem Kunstkopf getragen, sondern von Personen. Aus diesem Grund wurde die Entzerrung überarbeitet. Hierfür wurden Messungen mit mehreren Versuchspersonen durchgeführt und eine mittlere Entzerrung berechnet, die gewährleistet, dass eine Aufnahme mit einem BHM, getragen von

einer idealen Standard-Person, in halliger Umgebung das gleiche Übertragungsverhalten zeigt wie ein ID-entzerrter HMS-III-/HMS-IV-Kunstkopf¹.

Abbildung 3.2 zeigt Terzpegel-Analysen der Differenzen zwischen BHM-Aufnahmen und einer ID-entzerrten Kunstkopfaufnahme (jeweils der rechte Kanal). Das BHM wurde von 4 verschiedenen Personen getragen (rote, türkise violette und gelbe Kurve). Die Kurven im linken Diagramm stellen die Unterschiede zwischen Kunstkopf- und BHM-Aufnahmen dar, die noch mit der alten ID-Entzerrung durchgeführt wurden. Das rechte Diagramm zeigt Messungen mit der neuen, verbesserten Entzerrung. Bei Verwendung der neuen Entzerrung stimmen die BHM-Messungen besser mit der Referenz-Kunstkopf-Messung überein, so dass die errechneten Differenzen geringer sind und die Toleranzen nicht mehr überschritten werden.

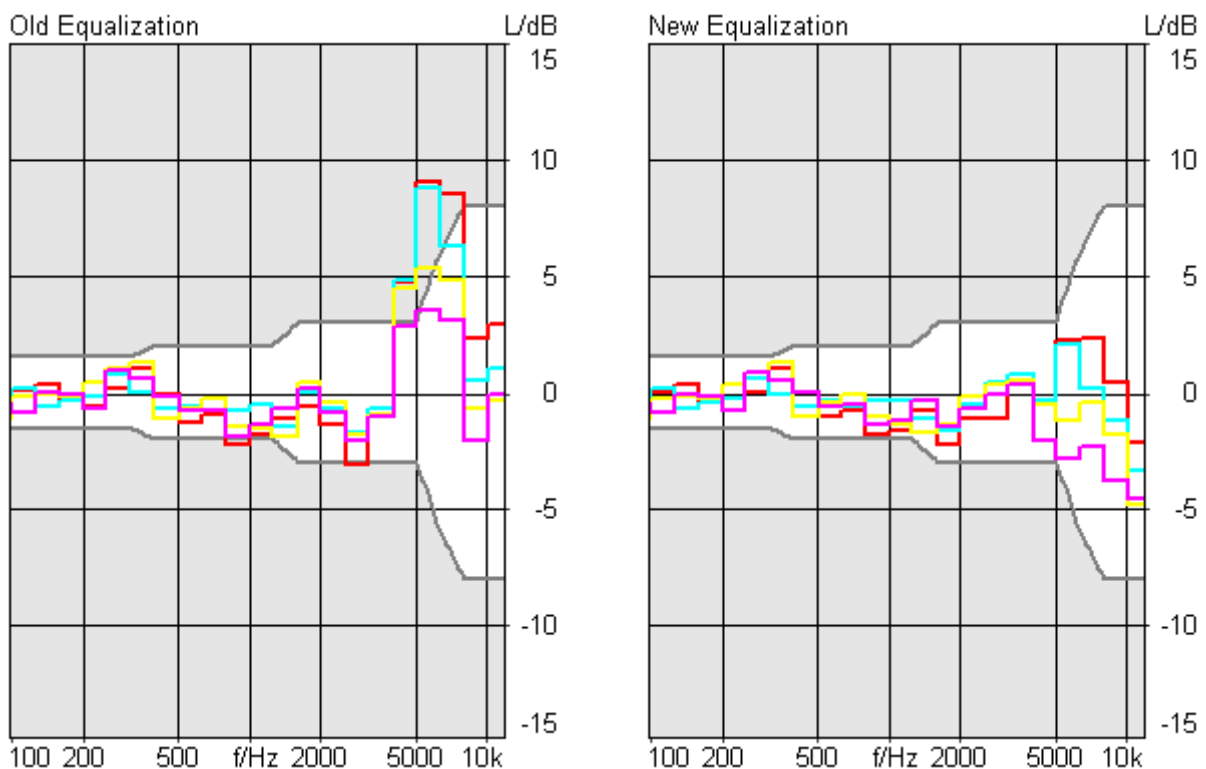


Abbildung 3.2: Unterschiede zwischen Kunstkopf- und BHM-Aufnahmen unter Verwendung der alten (linkes Diagramm) und neuen BHM-Entzerrung (rechtes Diagramm); zusätzlich sind die laut IEC 959 zulässigen Toleranzen für das Übertragungsverhalten eines Kunstkopfes im Freifeld als graue Kurven eingezeichnet

4. Vergleichbarkeit von Messung mit einem HEAD Seat Mount IV und einer HEAD Torso Box IV

Um die Vergleichbarkeit von Messungen, bei denen ein HMS-III-Kunstkopf auf einen HEAD Seat Mount IV (HSM IV) montiert wurde, und Messungen, bei denen der Kopf auf der HEAD Torso Box IV (HTB IV) befestigt war, zu demonstrieren, wurden Messungen mit dem folgenden Versuchsaufbau durchgeführt.

Eine Fahrzeugkabine wurde mit einem Fahrzeuginnengeräusch, das bei einer Messfahrt mit 150 km/h aufgenommen wurde, 10 Sekunden beschallt. Ein HMS III wurde auf einer HTB IV befestigt

¹ Kopfbügelmikrofone mit der neuen Entzerrung wurden ab Oktober 2002 ausgeliefert.

und auf dem Beifahrersitz platziert. Dann wurde eine Aufnahme des Fahrzeuginnengeräusches gemacht. Der Kopf war dabei auf ID-Entzerrung eingestellt, die sich für Aufnahmen in einer Fahrzeugkabine am besten eignet. Bevor die Vergleichsmessung mit dem HMS III auf einem HSM IV durchgeführt wurde, musste die exakte Position des Kopfes im Schallfeld bestimmt werden. Dann erfolgte die Vergleichsmessung, für die der Kunstkopf auf dem HSM IV befestigt wurde und in die gleiche Position in der Fahrzeugkabine gebracht wurde. Alle Kunstkopfeinstellungen, wie z.B. die ID-Entzerrung, wurden unverändert übernommen. Dann wurde auch mit diesem Versuchsaufbau eine Messung des Fahrzeuginnengeräusches durchgeführt.

Abbildung 4.1 zeigt die Differenz zwischen den Terz-Spektren beider Aufnahme. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Abweichungen zwischen den beiden Aufnahmen sehr gering sind. Nur um 300 Hz und 1300 Hz sind Abweichung im Bereich von 1 dB zwischen den Messungen zu finden.

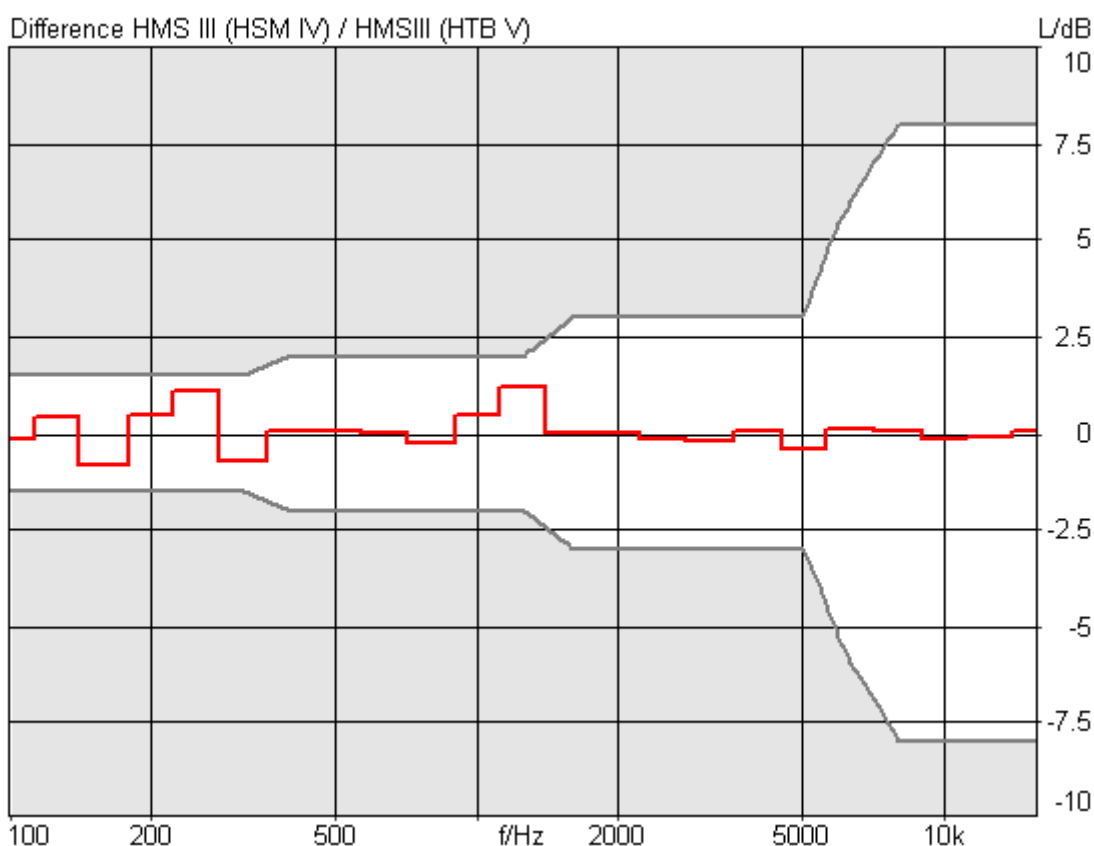


Abbildung 4.1: Vergleich zwischen einer Messung HMS III auf HSM IV und einer Messung HMS III auf HTB IV; zusätzlich sind die laut IEC 959 zulässigen Toleranzen für das Übertragungsverhalten eines Kunstkopfes im Freifeld als graue Kurven eingezeichnet

Bei diesem Versuchsaufbau muss die Positionierung des Kopfes besonders genau reproduziert werden. Würde dieser Punkt vernachlässigt werden, und der Versuchsleiter hätte bei der Positionierung ungenau gearbeitet, kann der Vergleich deutliche Unterschiede aufweisen. Um dies zu demonstrieren, zeigt Abbildung 4.2 einen Vergleich der beiden Messungen, wobei hier die Positionierung bewusst falsch durchgeführt wurde. Diese Abbildung zeigt deutlich, dass bei einer falschen Positionierung des Kunstkopfes große Unterschiede auftreten.

Eine Vergleichsmessung unter Verwendung einer neueren HTB V und dem ebenfalls neueren HSM V würde ähnliche Abweichungen ergeben.

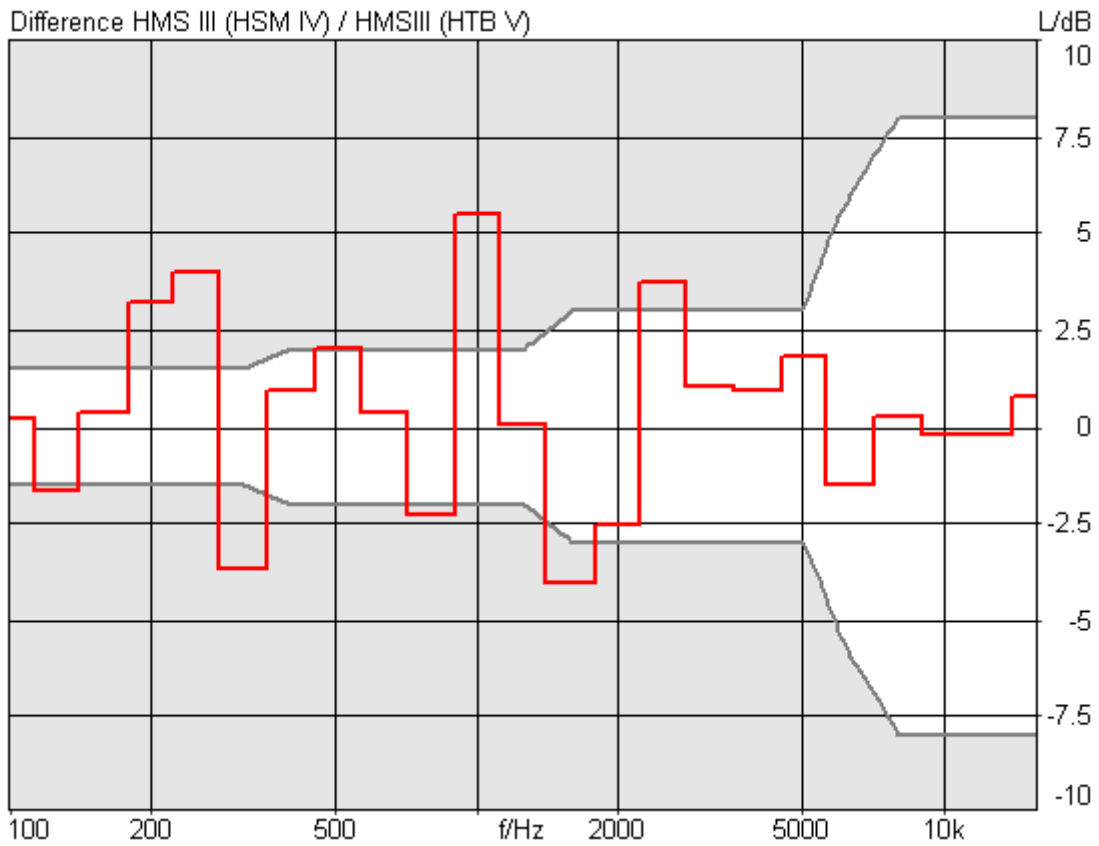


Abbildung 4.2: Vergleich zwischen einer Messung HMS III auf HSM IV und einer Messung HMS III auf HTB IV, ohne exakte Positionierung; zusätzlich sind die laut IEC 959 zulässigen Toleranzen für das Übertragungsverhalten eines Kunstkopfes im Freifeld als graue Kurven eingezeichnet

5. Vergleichbarkeit von BHS-I-Messungen (Binaural Head Set I an SQuadriga)

In Abbildung 5.1 sind die Ergebnisse der Terzpegel-Analyse von BHS-I-Messungen dargestellt, die in einem diffusen Schallfeld aufgenommen wurden. Das Diagramm zeigt die Aufnahmen von fünf verschiedenen Headsets jeweils bezogen auf den Mittelwert dieser fünf Messungen. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Abweichungen zwischen den einzelnen Headsets bis 5 kHz sehr gering sind und erst zu höheren Frequenzen größer werden. Die unterschiedlichen Headsets wurden für diese Messungen nicht von verschiedenen Personen getragen, sondern immer auf demselben künstlichen Kopf positioniert.

Wenn das Headset von verschiedenen Personen getragen wird, vergrößern sich die Abweichungen. Die Unterschiede im Übertragungsverhalten werden dabei durch die unterschiedliche Statur der Träger sowie die unterschiedliche Positionierung auf dem Kopf des Trägers verursacht. In Abbildung 5.2. ist das Übertragungsverhaltens eines BHS I dargestellt. Dasselbe BHS I wurde von 5 verschiedenen Personen in einer büroähnlichen Umgebung getragen. Die Geräuschquelle befand sich vor den Personen. Die Unterschiede zum Mittelwert aus diesen fünf Messungen sind in Abbildung 5.2. als Terzanalyse dargestellt (jeweils nur der linke Kanal). Die Unterschiede sind auch hier zu niedrigeren Frequenzen geringer als bei den höheren Frequenzen.

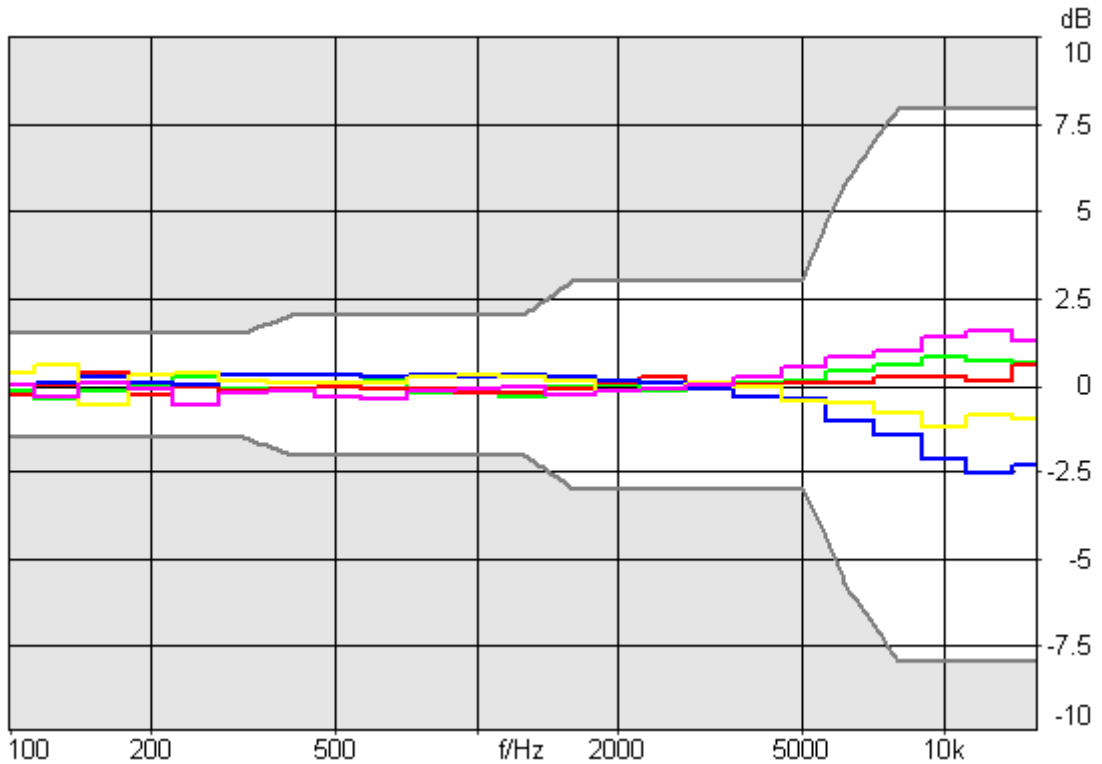


Abbildung 5.1: Vergleich des Übertragungsverhaltens von fünf verschiedenen BHS I (Differenz zum Mittelwert, jeweils der linke Kanal); zusätzlich sind die laut IEC 959 zulässigen Toleranzen für das Übertragungsverhalten eines Kunstkopfes im Freifeld als graue Kurven eingezeichnet

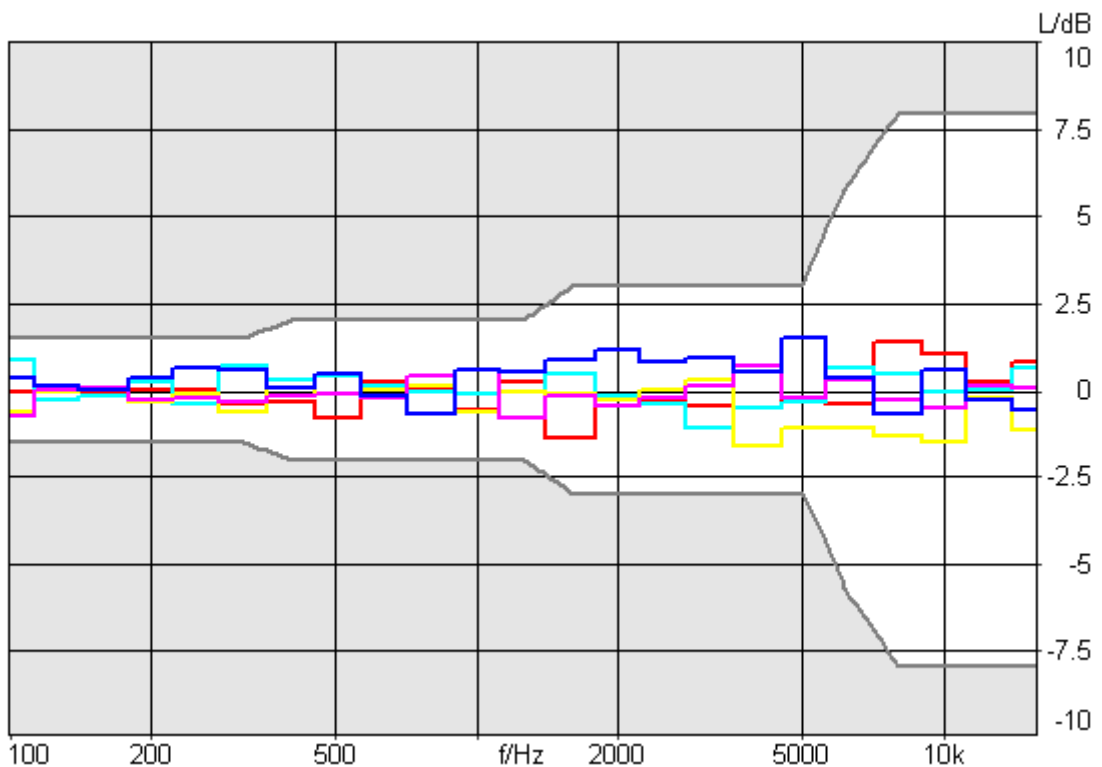


Abbildung 5.2: Vergleich des Übertragungsverhaltens eines BHS I, das von fünf verschiedenen Personen getragen wurde (Differenz zum Mittelwert, jeweils der linke Kanal); zusätzlich sind die laut IEC 959 zulässigen Toleranzen für das Übertragungsverhalten eines Kunstkopfes im Freifeld als graue Kurven eingezeichnet