

Design und Anwendung eines Low-Cost-Kunstkopfes für gehörrichtige Aufnahmen

Torsten Back, Steffen Kuhl

Technische Universität Darmstadt, Mechatronik und Maschinenakustik, Magdalenenstr. 4, 64289 Darmstadt, Deutschland, Email: back@mum.tu-darmstadt.de, kuhl@mum.tu-darmstadt.de

Einleitung

Bei neuen Entwicklungen in der heutigen Zeit spielen die akustischen Eigenschaften eine immer größere Rolle. Häufig sind sie einer der wenigen Eigenschaften, sich vom Mitbewerber zu unterscheiden. Dies führt dazu, dass Maschinen und Bauteile immer leiser werden. Dies hat jedoch auch zur Folge, dass nicht mehr der absolute Schalldruckpegel im Vordergrund steht, sondern der subjektive Höreindruck immer mehr an Stellenwert gewinnt.

Um diesen subjektiven Höreindruck aufzeichnen und archivieren zu können, wird der Einsatz eines so genannten Kunstkopfes benötigt. Da kleinere Institute die hohen Kosten eines kommerziellen Kunstkopfes oft nicht aufbringen können und der hohe Qualitätsstandard dieser Messtechnik nicht benötigt wird, ist es nahe liegend sich ein binaurales Meßsystem selbst aufzubauen. Für den Aufbau des Kunstkopfes ist es von Vorteil, dass es keine direkte Norm für Messungen mittels der Kunstkopftechnologie gibt.

Grundlagen

Bei der kopfbezogenen Stereophonie erfolgt die Schallaufnahme am Platz des Hörers mit einem künstlichen Kopf. An der Stelle des Trommelfells sind die Ohren mit Mikrofonen ausgestattet.

Die räumliche Abbildungstreue ist dabei umso höher, je genauer der Frequenzgang vom Kunstkopf dem des eigenen menschlichen Gehörs entspricht (Freifeld-Übertragungsmaß).

Die Ortung einer Schallquelle erfolgt über Pegelunterschiede, Laufzeitunterschiede und die richtungsabhängige Filterung der Signale.

Um die Messungen mit einer Mikrofon-Aufnahme vergleichen zu können, muss das Signal entzerrt werden [1]. Dazu gibt es die Freifeld- und die Diffusionsfeldentzerrung. Für reine Hörversuche ist die Entzerrung jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Für subjektive Kunstkopfaufnahmen gibt es keine allgemeingültige Norm. Dies rechtfertigt den Aufbau eines eigenen Kunstkopfes, da die Messungen mit Kunstköpfen verschiedener Hersteller nicht miteinander vergleichbar sind.

Lediglich für akustische Messungen an Luftleitungs-Hörgeräten gibt es die DIN V 45 608, IEC 959 [2]. In dieser Norm werden die Abmessungen von Rumpf und Ohren definiert, sowie die Freifeldübertragungsmaße für verschiedene Seitenwinkel angegeben.

Konstruktion

Um die Kosten zu minimieren wurden Silizium-Kondensator-Mikrofone der Firma SiSonic verwendet [3]. Diese befinden sich auf einem kleinen Chip, wie er auch in Mobiltelefonen eingesetzt wird. Durch ihre Bauart sind sie gegen Körperschall unempfindlich. Ihr linearer Messbereich liegt zwischen 50 Hz und 10 kHz, bei einem Einfallswinkel von +/- 30 Grad. Pro Mikrofon müssen mit Kosten von 18 Euro gerechnet werden.



Abbildung 1: Silikon-Ohr rechts mit Silizium-Mikrofon

Die Ohren bestehen aus Silikon und sind ein Originalabdruck, die von einem Hörgeräteakustiker angefertigt wurden. Die Kosten hierfür belaufen ca. 100 Euro.

Der Rumpf selbst besteht aus einer Schaufensterpuppe, die in ihren Abmessungen einem Menschen entspricht. Der Rumpf ist neigungs- und höhenverstellbar gelagert, um ihn optimal positionieren zu können. Das Meßsystem trägt den Namen AKURS (Akustischer-Kopf-und-Rumpf-Simulator).

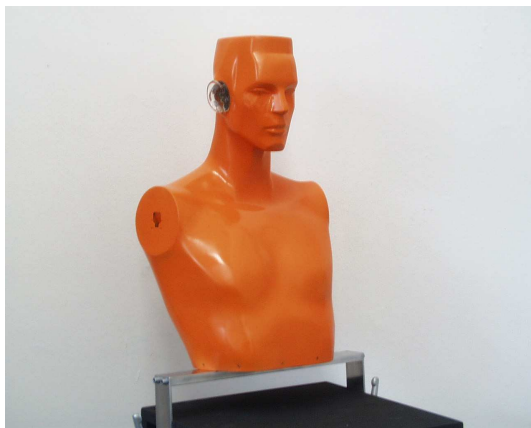


Abbildung 2: Low-Cost-Kunstkopf mit Silikon-Ohren

Messergebnisse

Anschließend wurde der Low-Cost-Kunstkopf AKURS in einem Schalltoten Raum vermessen und mit einem kommerziellen Kunstkopf (Head-Acoustics HMS II) verglichen.

In Abbildung 2 sind die Freifeld-Übertragungsmaße der rechten Ohren beider Kunstköpfe dargestellt. Der Seitenwinkel für die Messung beträgt 0 Grad, der Schall fällt von vorne auf die Kunstköpfe ein. Der Erhebungswinkel beträgt -15 Grad.

Auf eine Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Freifeldübertragungsmaßen nach IEC 959 wurde aufgrund des verschiedenen Erhebungswinkels verzichtet.

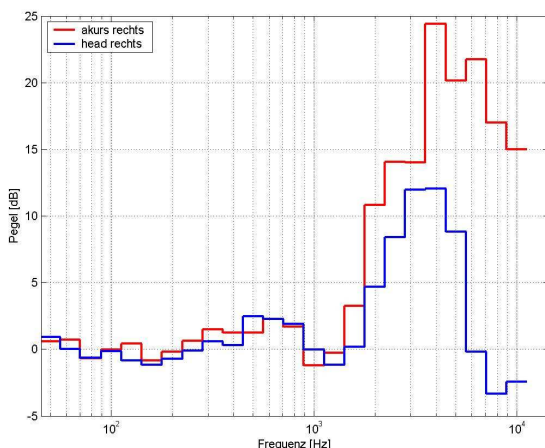


Abbildung 2: Freifeld-Übertragungsmaß für einen Seitenwinkel von 0 Grad (Schall von vorne) und einen Erhebungswinkel von -15 Grad

Man erkennt deutlich die Überhöhung der Kunstkopfaufnahmen ab 1000 Hz. Der Kunstkopf AKURS zeigt ab 6000 Hz eine deutlich höhere Empfindlichkeit als der Kunstkopf von Head-Acoustics.

Auf eine Darstellung der Ergebnisse für das linke Ohr wird verzichtet, da es sich symmetrisch zum rechten Ohr verhält.

In Abbildung 3 ist die gleiche Messung für einen Seitenwinkel von 90 Grad dargestellt. Der Erhebungswinkel beträgt wieder -15 Grad. In dieser Anordnung stehen sich Schallquelle und rechtes Ohr direkt gegenüber. Auch bei dieser Messung zeigt sich ein ähnliches Ergebnis.

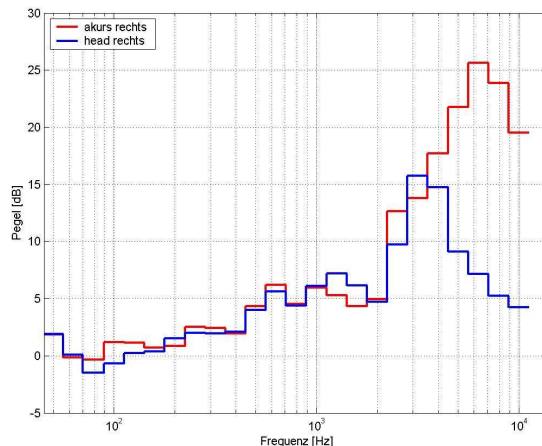


Abbildung 3: Freifeld-Übertragungsmaß für einen Seitenwinkel von 90 Grad (Schall von der rechten Seite) und einen Erhebungswinkel von -15 Grad

Zusammenfassung

Mit der Eigenentwicklung eines Kunstkopfes ist es mit geringem finanziellem Aufwand möglich, subjektive Messungen durchzuführen. Messungen in einem Fahrzeuginnenraum ergaben eine realistische Wiedergabe der tatsächlichen vorhandenen Geräusche. Auf eine Aufnahmeentzerrung wurde bei unserem Kunstkopf verzichtet, was aber in den meisten Fällen von untergeordneter Bedeutung ist.

Literatur

[1] Daniel D.; Zollner M.

Methoden zur Aufnahme und Wiedergabe von Kunstkopfsignalen Zeitschrift zur Lärmbekämpfung, 52(2005), S. 14-19

[2] DIN V 45 608; IEC 959

Kopf- und Rumpfsimulator für akustische Messungen an Luftleitungs-Hörgeräten

[3] Bös J.; Kurtze L.

Design and Application of a Low-Cost-Microphone Array for Nearfield Acoustical Holography CFA / DAGA 2004, Strasbourg