

Über das Chaos des breitbandigen Klangbildes von Raumklangkopfhörern - Welches Equalizing für wen mit oder ohne DSP?

Florian M. König

ULTRASONE AG, D-82327 Tutzing, f.koenig@ultrason.com

1. Einleitung

Das Abhörmedium Kopfhörer erfährt in den letzten 30 Jahren "still und heimlich" Optimierungen in Klang- und Raumabbildung von Hörereignissen. Gerade die portable Stereotonwiedergabe erfreut sich aktuell an Beliebtheit durch mp3-Player oder multifunktionale Handies. Bezüglich Vergleiche von virtuellen, kopfbezogenen zu natürlichen oder realistischen Raumklangabbildungen besteht jedoch immer noch Handlungsbedarf seitens der Reduzierung einer sogenannten Im-Kopf-Lokalisation von Klanggeschehen [1]. Zur Eliminierung solcher Tonwiedergabemängel tragen aktuell u.a. folgende Lösungsvarianten bei:

- Binaurales, digitales Signalprocessing (DSP [2]) auf Basis von Außenohrübertragungsfunktionen (s. Head-Related Transfer Function, HRTF) für eine Optimierung der Richtungsortung (vorne) sowie Klangbildentzerrung
- oder Akusto-mechanische, dezentrale Schallwandleranordnungen im Kopfhörer [3] zur individuellen, ohranatomisch bedingten Tonsignalfiltereitung zugunsten einer Vorneortung der wiederzugebenden Stereotonkonserven (kein digitales Signalprocessing / DSP nötig).

Nachdem bekanntlich zugunsten einer individuell entzerrten, optimiert 3-dimensionalen Hörereigniserzeugung eine über den Hörbereich 1-dB-genaue Reproduktion von HRTF's empfohlen wird [2], steht die Frei- und Diffusfeldentzerrung [4] nicht zum ersten mal auf dem Prüfstand - Sinn und "individuelle Machbarkeit". Aufwand und Wirkung stehen sich dabei zudem entgegen, weshalb (viele vorwegnehmend) die o.g., zweite Variante einer Raumklangerzeugung via dezentraler Schallwandleranordnungen in Kopfhörern [3] "breitbandig klanglich optimiert" aktuell realisierbarer erscheint. Dies ließe sich zudem im Zuge lautsprecher-kompatibler 5.0/5.1 Surround-Sound-Tonwiedergaben rein akusto-mechanisch gelöst auf 4.0-Kopfhörer erweitern [5].

2. Diskussion: Lautsprecher-Referenz und Kopfhörer-Entzerrungsformate - "Presets?"

Der Kopfhörer als Beschallungsmedium kommt prinzipiell mit deutlich einfacheren, akustischen Umgebungsverhältnissen aus, als es die gängige Lautsprecher-Beschallungssituation vorzugsweise im Tonstudio vorgibt: Es wird nicht nur weniger Luftraum bewegt und es fallen weitere, raumakustische Beschallungsbedingungen (s. Wandreflexionen) als Einflußfaktoren weg. Die "individuelle" Zuhörer-Anatomie als Richtungsfilter kommt für fast alle Beschallungsvarianten zur Wirkung (außer In-Ohr-Systeme). Trotzdem steht die kompliziertere Lautsprecher-Raumakustiksituation bis dato als Referenz vor. Was ist warum daran besser bzw. natürlicher - PSYCHO-Akustik? In der Tat handelt es sich wahrscheinlich um ein subjektives Empfindungsproblem, warum Kopfhörer-Sounds als vergleichsweise *unnatürlicher* wahrgenommen werden, denn in *evolutionsbedingt* freier sowie lebensstypischer Natur existiert(e) keine Im-Kopf-Lokalisation bzw. intra-

craniale Ortung [1]. Dies entsteht bekanntlich, wenn dem menschlichen Hörsinn *nicht* die jahrelang abgespeicherten, individuell-binauralen 3D-Schallereignisse offeriert werden (vgl. auch künstliche Hörsituation bei Hinter-dem-Ohr-Hörgeräten und im PKW). Grundsätzlich interpretiert der überwiegend ungeübte Hörproband dies spontan im Sinne eines klanglichen und nicht raumklanglichen "Akustik-Ärgernisses". Andererseits schätzen DJ's sowie Jugendliche gerade die *nahe Soundempfindung*. Liegt hier eine "subjektive" Psychoakustik oder Modeerscheinung zugrunde?! Kann also dazu überhaupt die Frage nach der "un-/korrekten" Klangbildinterpretation gestellt werden, wenn intra-individuelle Klangbild-Unterschiede alleine durch die X-Varianten der Kopfhörer auf dem Markt und der individuellen Ohrmuschel-Filterwirkungen (samt Mittel-/Innenohr) zustande kommen [6]? Andererseits stellt sich an dieser Stelle ad hock die Frage nach dem *heutigen* Sinn der einstmals mühevoll normierten Freifeld-/Diffusfeld-Entzerrung von Kopfhörern [4], wenn in den letzten Jahren der allgemeine *Geschmack*, wie moderne Popmusik "klingen muß", nämlich in Richtung "Loudness" ohne früher bevorzugte Tonsignal-Hochdynamik (> 60 dB), also "undynamisch" mit extensiven Tiefbass und Höhenbrillanz bevorzugt wird (Dyn. < 10 dB, Trend aus den USA [7]). Ausgelöst wurde dies wohl durch "mischende" Musikkünstler, wie Michael Jackson oder Madonna. Andererseits besteht eine *kommerzielle Manie*", über Radiosender u.a. im Störgeräusch behafteten PKW "*mehr Druck*" anbieten zu wollen, um *Zuhörerzahlen* über *Lautstärke* zu maximieren [7]; es sei auf Unterschiede von remixeden Tonträgern verwiesen. Im gleichen Kontext bewegt man sich erstens jedoch auch mit dem Phänomen "missing 6 dB" bei der Kopfhörer-Tonwiedergabe, welche das Bass "spüren" von niederfrequenten Freifeldschallquellen kopfbezogen via 6 dB-Anhebung "simuliert" (anstatt additiver Kopfhörer-Bass-Vibratoren). Zweitens ist insbesondere die in Mode gekommene 5.1/7.1 Kino-Surround-Sound-Beschallung (Ursprung im THX [5]) zu nennen, welche hohe Ansprüche an die Tiefbasswiedergabe legt. Schließlich sind gerade bei handelsüblichen mp3-Playern alle möglichen Varianten der breitbandigen Klangbildentzerrung via *Presets* angeboten, um eventuelle, kopfhörer-bedingte Klangmängel zu egalisieren! *Polemisch gefragt: Wie ist anhand solcher vielfältiger, kommerzieller Marktwänge in hard-/software-gestützter Kopfhörer- / Verzerrungsmöglichkeiten überhaupt noch ein neutral entzerrter 3D-Raumklang normierbar?* Die o.g. Kombination über beliebige Standard-Stereokopfhörer und ein vorgeschaltete, binaurale DSP-Device (s. SRS™, DOLBY-HEADPHONE™, Headtracking, ENSONIDO™) führen in eine „Endverbraucher-Im-Kopf-Lokalisations-Falle“! Zur Erinnerung [2] maximal 1 dB Varianzen der HRTF's: Kann hiermit, außer *per Zufall* (Mittelwert), ein individuell gutes 3D-Klangbildresultat erzeugt werden?

3. Neuere Tendenzen um Schallwandler sowie weitere Erkenntnisse um Einflußfaktoren der Klangfarbe

Bereits Anfang der Neunziger hat sich eine Tendenz abgezeichnet, in welche **breitbandige** Übertragungsmaß-Formausgestaltungsrichtung, also Verlauf des Frequenzganges von zu testenden Kopfhörer inklusive Ohrmuschel-Anatomie-Filtereffekt gehen soll: Wie in **Bild 1** zu entnehmen werden bei speziellen Raumklangkopfhörern im wesentlichen die "schmalbandig ohr-individuell erzeugten" Richtungsbänder nach BLAUERT [2] berücksichtigt. Auch hier ist die Entwicklung vorangegangen, denn das in **Bild 1** gezeigte Übertragungsmaß offenbart Kopfhörer-Ankopplungs- oder Wandlerprobleme, die gekennzeichnet sind in einem Baßabfall unter 50 Hz und desgleichen einem markanten Höhenabfall oberhalb 13 kHz. Neuere Optimierungen an der Dichtigkeit von Ohrpolstern/Kapseln/Bufferboards und insbesondere ein deutlich präziseres Impulsverhalten von Wandlern (s. Ein-/Ausschwingverhalten) ermöglichen ein lineareres Übertragungsmaß bis an die Hörfähigkeitsgrenzen gemäß **Bild 2**. Außerdem wurden in den letzten Jahren beginnend Anstrengungen unternommen, auch auf infantile Ohrformgebungen bzw. deren Hörsinn während einer Kopfhörerbeschallungssituation einzugehen: Zum einen ist anhand von Messungen an der kindlichen Anatomie klar zu erkennen, dass richtungsspezifische, lineare Verzerrungen am gesamten infantilen Körper anders als bei adulten Probanden zu quantisieren sind [8, 9]. Kinder bis zu einem Alter von gut Zehn Jahren verfügen anders ausgestalteten "Hörsinn" seitens des Außen-/Mittelohrs [9]: Im Vergleich zu Erwachsenen konnten im Mittel Schalldruckvarianzen von + 2,5 dB (3 bis 5,5 kHz) sowie - 2,5 dB (resonant um 7,3 kHz und 12 kHz) erfaßt werden. Dies läßt den Schluß zu, dass bislang von/für Erwachsenen kreierte Kopfhörer- oder Tonaufnahmefrequenzgangsentzerrungen (oder s. Audiologie) nicht "kindgerecht" erstellt wurden!

4. Entzerrungsvorschläge für die heutige 3D-Kopfhörer-Tonwiedergabe - "Rückschritt nach Vorne"

Aufgrund der in den vorherigen Kapiteln diskutierten, neueren Fakten um Fluktuationen bezüglich "erwünschte, vereinfachte, mittlere Kopfhörer-Außenohrübertragungs-maße" liegt es auf der Hand, entweder veraltete Standards [4] zu öffnen bzw. freier zu gestalten, da solche anscheinend nicht mehr "marktfähig" oder diese den neuen Beschallungs-rahmenbedingungen aller Kopfhörernutzer sowie -techniken anzugleichen sind (u.a. mittels [3]). Desgleichen stellen jene Kopfhörerlösungen, die DSP-basierend arbeiten, bereits "ohrvariable" Kombinationslösungen aus (fixierten) Stereokopfhörern mit Preset-Vorschaltel Elektronik dar. Seitens nicht mehr zukünftiger Tonsignalquellen, wie portable mp3-Player oder Handies gilt: Die prinzipiell gesuchte **Klangbildneutralität** und **Lautsprecher-Kompatibilität** bei der Kopfhörer-beschallung verschiebt sich zugunsten massiv entzerrter, kopfbezogener Tonwiedergabesituation (inkl. Klirrfaktorhebung), also oftmals "überzogenere" 3D-Binauralfilterungen, die damit für *Jedermann* Surround-Sound-Funktionsfähig "vorgaukeln"; eine Ironie in der technischen Entwicklung: Vom FM-Radio mit 44 dB Dynamik zur Super-Audio-CD (> 100 dB) zurück zu mp3 (< 10dB; in [7] weniger als 3 dB komprimierte Dynamik)!!?

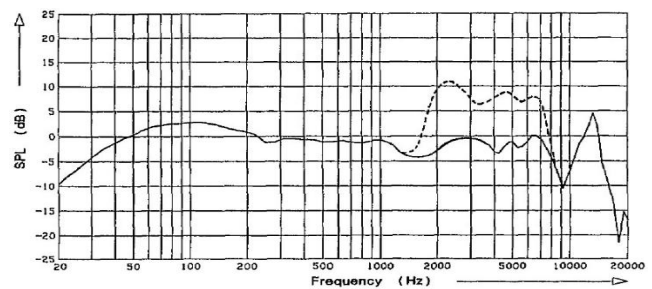


Bild 1: Vergleich eines gemessenen Kopfhörer-Diffusfeldübertragungsmaßes (Kopfhörertyp gemäß [3]) an einem bestimmten Ohr (z.B. eines Kunstkopfes) sowie der Vergleich zu einer typischen Freifeldübertragungskurve für die Richtung vorne (strichlierte Graphik).

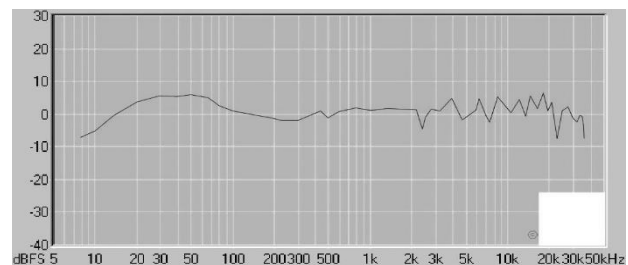


Bild 2: Ein gemessenes Kopfhörer-Diffusfeldübertragungsmaß von 8 Hz bis 35 kHz an einem bestimmten Ohr (Diffusfeld entzerrt [4]) sowie dezentraler Schallwandleranordnung gemäß [3]. Gezeigt ist eine überwiegend richtungsneutrale Kopfhörerentzerrungsvariante.

Literatur

- [1] Plenge IKL: Über das Problem der intrachranialen Ortung von Schallquellen bei der akustischen Wahrnehmung des Menschen Habil. TU Berlin (1973).
- [2] Blauert, J.: "Spatial Hearing - The Psychophysics of Human Sound Localisation". The MIT Press, Cambridge, Mass, 1996, ISBN 0-262 02413-6
- [3] König, F., M.: „Vorneortung von Hörereignissen bei der Außenohr-Beschallung mittels Stereokopfhörer - Ein altes Thema, jedoch mit neuer Perspektive“. Fortschritte der Akustik, 17. DAGA 1991, S. 861-864.
- [4] Recommendation ITU-R BS.708: Determination of the electro-acoustical properties of studio monitor headphones. DIN EN ISO 389-8: Freifeldentzerrung.
- [5] König, F., M.: "Future needs to create natural 3D auditory events via more channel headphones for mpeg surround purposes". 28 AES Conference Pitea, Proceedings, S. 190-195.
- [6] König, F., M.: „The Casuals of Headphones Tone Coloration Variations related on the Human Pinna Influence. 116. AES Conv. Berlin, 2004, Preprint 6077.
- [7] Rabe, J.-C.: Was nicht knallt hat keine Chance. Süddeutsche Zeitung (18.1.2008), Nr. 15, S. 13.
- [8] König, F., M.: „Untersuchungen zur Varianz der infantilen sowie adulten Kopfhörer-Außenohr-Übertragungsfunktion“. 23. Tonmeistertagung, 2004, Proceedings, S.529-542.
- [9] Fels, J.: How do Head-Related Transfer Function of Children depend on Growth? Gemeinschaftstagung 7. CFA / 30. DAGA (Strassburg / FR 2004).