

Kopfhörer - 30 Jahre Forschung und Entwicklung über die 2D-/3D-Hörerlebensquelle hinaus mit 2018 gezielten Gesundheitsaspekten

Florian M. König

Florian König Enterprises GmbH, D-82110 Germering, info2@fk-e.de

1. Einleitung – Historie – Aktuelles

Mit der DAGA 1991 wurden erstmals unterschiedliche Beiträge um z.B. objektive Messungen zur Darstellung der Klangfarbenunterschiede mittels Kopfhörer (u.a. auch Impulssignalanalysen), die Vorneortungs-Kopfhörer-Klangwiedergabe [1] sowie deren Zusammenhänge um die möglich Darstellung von (Diffusfeld-) Übertragungsmaßen sowie Lautheiten und letztlich auch Kinderschreigeräusche-Analysen eingebracht. Dies ging einher mit den damals gegebenen tontechnischen Betätigungsfeldern in einem kleinen Studio für eigenen Kompositionen per elektronischer Musikaufzeichnung (bis heute), woraus ein „kryptischer“ Kopfhörer gemäß Abbildung 1 entstand. Der Autor gründete daraufhin 1990 die damalige „ULTRASONE electroacoustics GmbH“ (heute „AG“ [2]), um eine verkaufsfähige, kopfbezogene Vorrichtung zur Erzeugung frontal externalisierter Hörereignisse anbieten zu können. Als Add-On konnten einhergehende Psychoakustik-Phänomene gesammelt werden: Subjektive, 2D / 3D binaurale Pegelreduktion im Vergleich zur Im-Kopf-Lokalisation (IKL), Tonmisch-Aspekte während Studio-Recordings, Klangfarben-Veränderung mit/ohne vornehmlich via Kopfhörer (jeden Probanden-Alters).



Abbildung 1: Der erste 4-Kanal-Kopfhörer als Funktions-Prototyp (1988) für Monitoring-Zwecke im eigenen Tonstudio für elektronische Musikaufnahmen [3] mit vorgeschaltetem Equalizer zur Klangbild-Entzerrung.

Ferner ergaben sich Ausläufer in die KFZ-Akustik, in die maximale Datenreduktion von akustisch-digitalen, telekommunikativen Sprachsignalnutzungen (1992) sowie subjektive kopfbezogen sowie binauralen Blinden-Hörereignis-Wahrnehmungen, was letztlich u.a. 1996 zu ersten Gehversuchen um ton-4-kanalige 3D-Virtual-Reality (mit u.a. Firma STUDER in einem Schweizer Prototypen-Projekt) führte; neben Aktivitäten in Fach-

/Normenausschüssen bei der AES, DEGA, VDT usw. Es ergaben sich auch jährlich zu den DAGA's bis 2008 zahlreiche oft nicht universitär reproduzierte, „vollwissenschaftliche“, praxisbezogene Veröffentlichungen um teils von professionellen Kopfhörer-Usern herangetragene, also erkannte bzw. gesammelte Hör-Phänomene²², welche auch teilweise zu diversen Tagungen / Symposien, wie in etwa AES, Békésy-Symposium 1999, Forum Acusticum, Noise & Vibration, Internoise und insbesondere zu Tonmeistertagungen nehmen insgesamt hierauf²² Bezug. Außerdem entstanden zahlreiche von der reinen Kopfhörerakustik sich entfernende, interdisziplinäre Forschungsprojekte wie in etwa „Der sensorische Mensch in unterschiedlichster Wellenform-Umgebung“. Ab 1999 auch die Thematik um die elektromagnetischen Strahlungseigenschaften von kopfbezogenen Schallquellen (vgl. Kopfhörer, Headsets); ferner Drahtlos-Telefone, WLAN etc. und deren biologische Einwirkungen. Im zurück liegenden Jahrzehnt wurde dies anhand von neuronalen Stress- / Hörreizerfassungen mittels z.B. TCM-Related Body-Feedback-Reactions [4] in Untersuchungen näher beleuchtet.

Zum 30-sten Entwicklerjubiläum des Autors wurde 2017 erneut das Faktum seitens „bevorzugter, natürlicher Strahlungsformen [5] für Erdlebewesen“ anzuwenden gegenüber synthetisch-künstlichen Strahlenquellen aufgegriffen: Ein sogenannter SFERICS-HEADPHONE, welcher eine kopfbezogene Beschallungs- und Bestrahlungsvorrichtung offeriert [6]. Folglich ist dieser Kopfhörer-Typ als Solches damit zu einem Symbiose-Gerät mit zwei Funktionen ausgebildet: Realitätsnahe Kopfhörer-Raumklang-Quelle plus additive Emission eines aus der Natur 1:1 entnommenen, meteorologisch bedingten Schönwetterfeldes [7].

2. Auszüge um vergangene Forschungen seitens kopfbezogener Hörphänomene

• Lautstärke-Vergleiche zweier Beschallungsprinzipien bei Kopfhörern

Ausgehend von einem binaural links-rechts regelbaren Kopfhörer für Nutzer mit einer ungleichen Ohrmuschel-/Mittel-Innen-Empfindlichkeit 1993 [8] konnte ein spezieller Kopfhörer entwickelt werden, welcher umschaltbar zwischen dem Prinzip eines normalen Kopfhörers mit zentrischer Schallwandler-Positionierung vor dem Gehörgang und Kopfhörern mit dezentraler Schallquelle [1, 2] gegenüberstellbar macht; es wurden beide Klangbilder maximal angeglichen entzerrt. Damit konnten Hörereignisse der zentralen und dezentralen Schallwandler-Anordnung im A-B-Vergleich unmittelbar ausgetestet werden. Gerade bei Einspielung von klassischen Multi-Mikrofonie bzw. Laufzeitstereophonen Tonaufnahmen entstand ein

subjektiver Lautstärkeunterschied (s. Abbildung 2), der messtechnisch mittels Rosa und Weißem Rauschen nachgemessen wurde, nachdem Probanden die Aufgabe hatten, beide Stereo-Hörreize auf gleiche Lautstärkeempfindung einzupegeln [9].

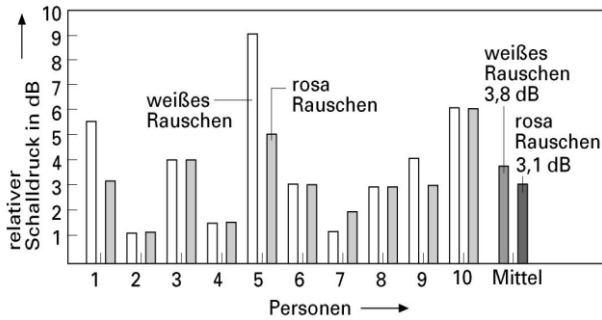


Abbildung 2: Darstellung der gemessenen Pegelunterschiede bei direktem Umschalten zwischen Hörereignissen mit dem aktivem Kopfhörer-Lautsprecher-Paar mit zentraler und dezentraler Schallwandler-Anordnung sowie subjektiv empfundener Lautstärkegleichheit von zehn Probanden; rechts die Mittelwerte.

• **Kurzzeit-Klangfarben-Veränderungen (Decay) bei sprunghaft variierenden Hörriechung bei Kopfhörern**

Bei Versuchen (Teil I [10]) mit zwei pegelbezogen links-rechts ungleich abgemischten Stereo-Schallereignissen und Rauschen als Signal gemäß „A“ ungleich „B“ (über zwei Analog-Stereo-Verstärker A, B) via Kopfhörer plus Umschaltvorrichtungen (ohne Filterung!) wurden beim Umschalten zwischen „A“ und „B“ zeitbegrenzt Kurzzeit-Klangfarben-Varianzen mit Decay-Effekten im Höhen-Frequenzbereich von Probanden empfunden. Wie in Abbildung 3 schematisch aufgezeigt, ist unmittelbar nach dem sprunghaft Umschalten von „A“ auf „B“ im Höhenbereich die Klangfarben-Unterschiedlichkeit am stärksten wahrgenommen worden, welche danach zusammenfiel. Es wurde also ein Hörereignis links-rechts identisch (0 Grad, „A“) und einmal ungleich gemäß der Hörriechungen 45 und 90 Grad (s. Hörereignissen „B“) seitlich eingestellt, wie es für den Fall „B“ in der Original-Abbildung in Fig. 2 über 0 und 90 Grad virtuell von oben drauf schauend und von vorne illustriert ist; vgl. ein Kopfhörer mit de-zentralen (s. HFI [1]) oder zentralen Schallwandlern.

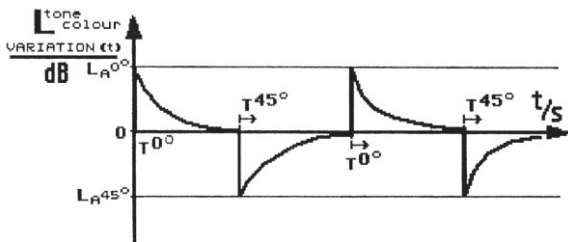


Abbildung 3: Eine schematische Darstellung der zeitlich abnehmenden Klangfarben-Veränderungen zwischen Hörreizen „A“ und „B“ mit den Hörriechungen 0 sowie 45 Grad.

Interessant war bei dieser Untersuchung über 9 Probanden auch, dass im Test-Teil II zur Einstellung einer gleichen Lautstärke-Empfindung die Pegel-angleichungen zwischen „A“ und „B“ ungleich festzuhalten waren und insbesondere

Unterschiede zwischen den beiden Kopfhörer-Prinzipien zentralen / de-zentralen deutlich hervorstachen (Fig. 3 mit Original-Englisch-Bild-Untertext).



FIG. 2: Comparison of auditory events using a HFI (A), and a common headphone (B).

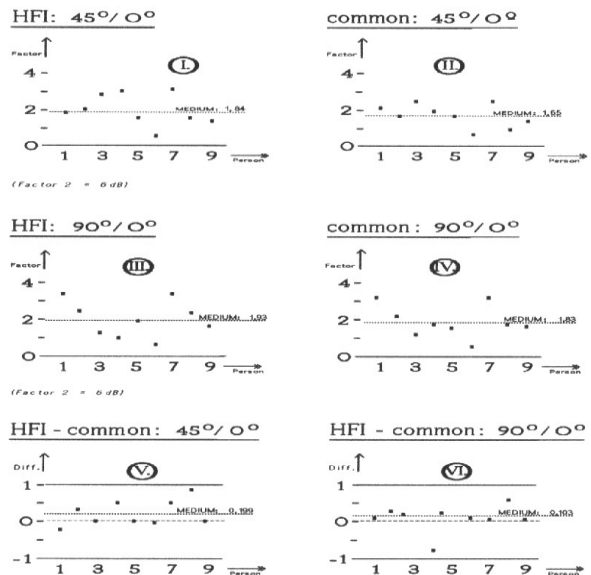


FIG. 3: Comparison of the voltage values (= SPL) for directional cancellations of about 90° / 45° / 0° (0° = reference auditory event) using a HFI and a common headphone.

Ursächlich wird davon ausgegangen [10], dass beim Umschalten zwischen den Hörereignissen/Hörriechungen „A“ und „B“ (0 auf 45 Grad oder 0 auf 90 Grad) nur über Pegelunterschiede jene für Hörriechungs-Lateralisierungen im freien Schalleinfall „natürlich“ einbezogenen Richtungsfilterungen im Falle impulshafte Kopfhörer-Richtungs-Änderungserzeugung nicht gegeben sind und neuronal von unserem Hörsinn invers nachgeregelt bzw. ausgeglichen werden (s. Abbildung 4)! Aus diesem Grund bestehen auch Unterschiede der Klangfarben-Veränderungs-Intensität zwischen den beiden Beschallungsprinzipien zentraler / de-zentraler Schallwandler in den Kopfhörerkapseln vor der Ohrmuschel.

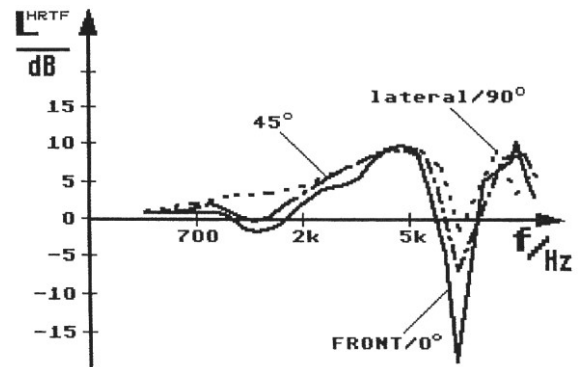


Abbildung 4: Eine schematische Darstellung der sonst üblichen Richtungsfiltereigenschaften der Ohrmuscheln (im Freifeld) bei den

Hörrichtungen 0 / 45 / 90 Grad, welche bei der reinen PAN-POT-Stereophonie bzw. -Richtungserzeug wegfällt sowie neuronal ausgeglichen wird; vgl. anfängliche Klangfarben-Verfälschung bei impulshaften Hör-Richtungsänderungen via Kopfhörer.

• Unterschiedliche Klangbild-Entzerrung von Kinderkopfhörern gegenüber Standard-Erwachsenen-Modellen

Wie bereits eingangs aufgezeigt, wurde zur DAGA 1991 über Kinderschreigeräusch-Analysen berichtet. Dies wurde 2004 in verschiedenen Richtungen fortgesetzt [11, 12]: Neben der kausalen Zusammenhängen, warum Erwachsene Menschen gerade um 2 – 5 kHz besonders empfindlich sind, damit diese auf das Schreigeräusch von Babies wohl evolutionär bedingt besonders sensitiv reagieren, ist bei Kindern bis zum ungefähr 10. Lebensjahr eine Unempfindlichkeit gerade dort herauszustellen. Hingegen sind Kinder aber im Frequenzbereich oberhalb 10 kHz besonders geräuschempfindlich was sich auch auf eine Klangbild-Kopfhörer-Entzerrung niederschlug sollte; bis dato von der zugehörigen Kopfhörer-Industrie nicht offensiv berücksichtigt wird. Als Nebenergebnis wurden zudem in Vorschul- / Kindergärten Geräuschanalysen, da vor ungefähr 18 Jahren in Germering bei München dem Autor einige Gehörschadensfälle von Betreuerinnen bekannt.

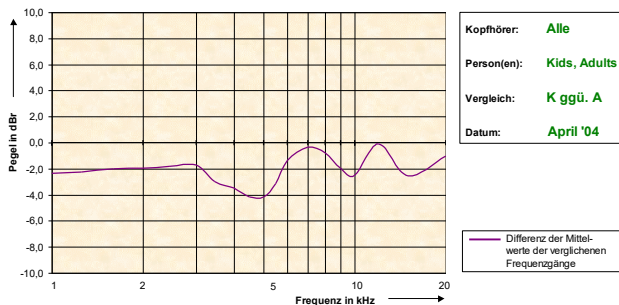


Abbildung 5: Darstellung des mittleren Differenzwertes-Übertragungsmaßes zwischen Kindern und Erwachsenen, die jeweils mit den gleichen, jedoch unterschiedlichen Kopfhörer-Modellen beschallt wurden; Korrekturwert +2 dB ist zu berücksichtigen bei der direkten Differenzwertebildung.

Von besonderer Bedeutung und inzwischen nachhaltig von [13] nachgewiesen, divergiert ein Kunstkopf in allen Partien zwischen einer mittleren, erwachsenen und eben infantilen Anatomie-Nachbildung. Dies spiegeln auch die rein vergleichend auf Kopfhörer-Ohrmuschel-Übertragungsmaße zwischen Kindern und Erwachsenen rekrutierten Differenzwertebildung über mehrere, unterschiedliche Kopfhörer-Modelle diverser Hersteller wieder, was analog in Abbildung 5 zu den Höreigenschaften-Unterschieden „Kinder / Erwachsene“ aufgezeigt ist: Senke bei 4 bis 5 sowie ca. 10 kHz (vgl. Erwachsene Helix-/Concha-/Incrusa-Senke bei 8 kHz für die Hörrichtung nicht oben und eher vorne) und Anhebungen bei 7 und 12 kHz.

3. Kopfhörer und technische Wechselfeld-Abstrahlungseigenschaften

In ersten bescheidenen Schritten wurde seit 1997 die Strahlungseigenschaften von Kopfhörern untersucht, weil professionelle Kopfhörer-Nutzer aus Rundfunk & Fernsehen

eine „Unbekannte“ um den Tragekomfort aussprachen, da nach vielen Stunden der Nutzung bestimmter Kopfhörer Kopfschmerzen verstärkt auftraten. Anfang der 2000-er-Jahre wurde dies anhand einer Call-Center-Studie (Australien) Stichwort „Acoustic Shock Disorder“ [13a] sowie Headset-Nutzer verdichtend dargestellt. Dass elektrodynamische Kopfhörer als auch Elektrostaten-Kopfhörer bis zu 400V/m bedenklich abstrahlen (s. Röhrenbildschirm-Norm TCO-95, Grenzwert 200nT / $f < 2\text{kHz}$), als auch Kopflautsprecher mit weit über 1000 nT magnetischen Fluss an der Kopfschlafenseite induzieren [14], ist demnach bekannt; siehe Abbildung 6.

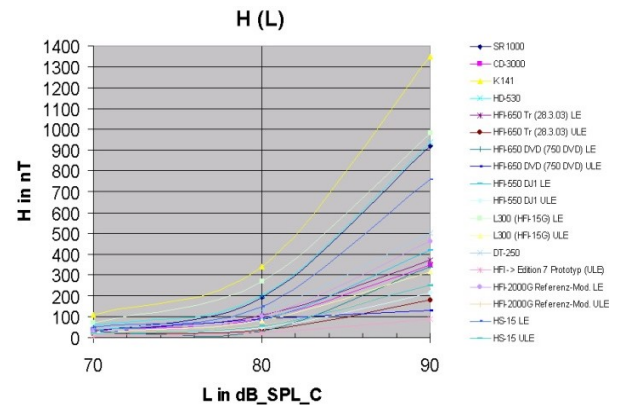


Abbildung 6: Graphik-Darstellung von unterschiedlichen Kopfhörer-Modellen (vgl. [14]) mit einer Rauschsignal-Anregung von 70 / 80 / 90 dB SPL C; inklusive „strahlungsarme Kopfhörer“.

Zusammenfassend ist herauszustellen, dass in [14] erst spezielle Kopfhörer-Konstruktionen mit einer zusätzlichen MU-Metall-Trennschicht vor dem Schallwandler an der Ohrmuschel zugewandten Seite bei Schalldrücken > 80 dB SPL C gesichert kleinere magnetische Flusswerte unter 200 nT gewährleisten.

4. Interdisziplinäre Betrachtungen neben der Akustik

Im Reigen des retrospektiven Rückblickes seien nun final Hinweise erlaubt, Kopfhörer mit therapeutischen Zusatz-Eigenschaften kurz anzudeuten: Kopfhörer strahlen also künstliche „Technics“ ab (s. Abbildung 7), nicht mit natürlichen, evolutionär bekannten, niederfrequenten Wechselfeldformen konform gehenden Sferics [5] der Erdatmosphäre oder dergleichen. Nach einer Studie um Einflussfaktoren seitens der sog. Wetterfühligkeit offenbarte eine „Schönwetterfeld-Konserve“ als emittierte Zusatzstrahlung klar nachweislich positivierende Einflüsse auf Befindlichkeitsstörungen sowie die Probanden-Physis [6]. Es sei hier an die Forschungen zu Belastungen in Call-Centern vor gut 17 Jahren erinnert, die unter dem Begriff „Acoustic Shock Disorder (ASD)“ Medienbekanntheit erlangten [13a].

Aus weit über 15 Jahren interdisziplinärer Forschung [4, 5, 6, 14] entstanden zunächst portable Schönwetterfeld-Wiedergabegeräte, welche „nur“ der Sferics-Berieselung dienten, wenn biotrope ungünstige Wetterlagen, wie Wetterumbrüche, Warmfronten, Föhn usw. sowie deren einhergehende Wetterfühligkeits-Effekte zu lindern waren; ferner auch zum Einsatz um Befindlichkeitsstörungen bei

„Elektrosensiblen“ eingesetzt werden. Dass dies keine kommerzielle Erfindung ist, sondern „Wetterfähigkeit“ an sich ein unterschätztes, medizinische Problem darstellt, bezeugte eine repräsentative, epidemiologische Studie des Deutschen Wetterdienstes [15]: *54 Prozent aller Deutscher sind wetterfähig*. Abhilfen findet man überwiegend in der Apotheke (s. Schmerzlindeung); mehr zum Thema auch in einer neueren Studie 2012-2014 [16].

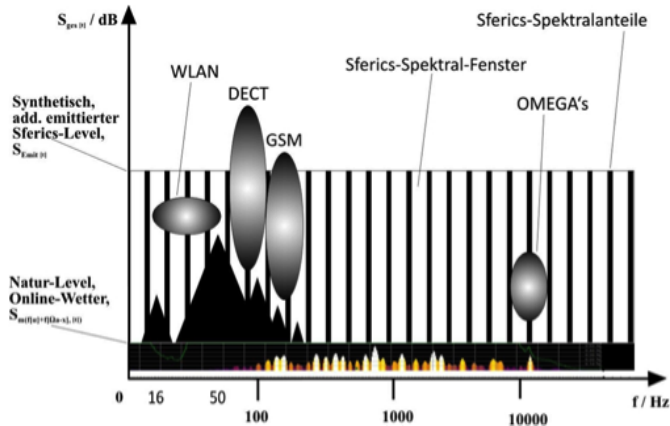


Abbildung 7: Zusammenfassende Übersichtsdarstellung der Intensitätsverhältnisse niederfrequenter Wechselfeldvorkommen durch den Menschen (unmoduliert & modulierte Technics) sowie Atmospheric / Sferics als wetterbedingte Impulsentladungen im Forschung [5, 6].

Wie in [16] dezidiert benannt ist, sind meteorologische Faktoren, wie Temperatur-, Luftdruck-, Feuchtigkeits-, oder Lichtschwankungen nicht eindeutig als Kausale Wetterfähigkeits-Trigger zu benennen. Die aber trotzdem existenten Befindlichkeitsstörungen lassen sich hingegen durch Umhängen eines kleinen Sferics-Emitters mit einem „Schönwetterfeld-Rauschen-Gemisch“ nachweislich reduzieren. Hintergründe sind wohl in der evolutionär bedingten Hintergrundstrahlungsform jener besagten Sferics zu finden [5, 6]: Sie stimuliert bei „schönem Wetter“ Zustände gemäß „No Alarming“ oder „Relax“ seit Jahrmillionen für alle Erdlebewesen. Zusätzlich dazu verdeckt es bzw. rückt die heute allgegenwärtigen Technics in den Hintergrund, also die technischen Strahlungsarten im Niederfrequenzbereich.

5. Schlussbemerkungen - multifunktionelle Kopfhörer

Der Gedanke, einen Alltagsgegenstand wie einen Kopfhörer mit dieser Schönwetterfeldfunktion auszustatten, lag also nahe. Seit Ende 2017 ist nun ein SFERICS-HEADPHONE SH-S1 realisiert worden, der neben einer im Wesentlichen neutralen Kopfhörer-Raumklang-Wiedergabe [1, 8, 9] zudem ein Schönwetterfeld bedarfsabhängig abrufbar über den Kopfhörer-Stahl-Bügel als Mittel für eine Feld-Sendeantenne anbietet [17]; siehe **Abbildung 8**. Diese Technologie mit einer aus der Natur entnommenen Strahlungsform soll für das ISS-Programm „die erste Deutsche Astronautin 2020 auf der ISS“ Verwendung finden [7]; vgl. zukünftige Missionen zum Mars ohne ein erd-nahes, elektromagnetisches Klima in der Raumfahrtkapsel.

Im Sinne multifunktionaler Kopfhörer gibt es inzwischen zahlreiche Performenz-Zusätze bei Kopfhörern, wie Noise-

Canceling oder Bluetooth-Tonsignal-Übertragungen, zuschaltbare FM-Radios usw.



Abbildung 8: Fotografische Einsicht in eine Kopfhörer-Kapsel des SFERICS-HEADPHONES SH-S1 [7] mit zusätzlicher Wechselfeld-Erzeuger-Elektronik (Prototyp 2017).

Literatur

- [1] König, F.: Vorneortung von Hörereignissen bei der Außenohr-Beschallung mittels Kopfhörer. DAGA 1991.
- [2] www.ultrasone.com
- [3] <http://www.fk-e.de/musik.html>
- [4] König, F.: Experiments to measure the effects of noise and sonority based on the subject's TCM-related body stress reactions. AIA-DAGA 2013.
- [5] König, F.: „Die Natur braucht Chaos“. US-Dissertation. 2004, ISBN: 978-3-89539-712-7 (2005).
- [6] www.sferics.eu
- [7] www.wellcans.com
- [8] König, F.: Mechanisch entzerrter Kopfhörer mit Vorneortung von Hörereignissen. Audiologische Akustik, Vol. 3/1993, Seiten 76-81.
- [9] König, F.: New measurements and psychoacoustic investigations. 98. AES Conv. 1995, Preprint 4010.
- [10] König, F.: Headphone Reinforcement and accompanying Psychoacoustic Effects. Int. Békésy Conf. on Hearing & Related Sciences (Budapest 1999).
- [11] König, F.: The Casuals of Headphones Tone Coloration Variations related on the Human Pinna Influence. 116. AES (Preprint 6077) oder 23. Tonmeistertagung 2004.
- [12] König, F.: About the variance of infant and adult headphone to outer ear transfer functions. Forum Acusticum 2005.
- [13] Fels, J.: How do Head-Related Transfer Functions of Children depend on Growth? CFA/DAGA 2004.
- [13a] <http://hyperacufisfocus.org/callcenter-workers/>
- [14] König, F.: Head-related sound sources and probable health impairing effects by ELF electro-magnetic field emissions. Noise and Vibration; 10. Int. Congress 2003.
- [15] Höpfe, P. et al.: Prävalent von Wetterfähigkeit in Deutschland. Deutscher Wetterdienst, DMW 2002, 127. Jg., Nr. ½
- [16] <http://www.wetterfuehligkeit.eu/>
- [17] König, F.: Natürlich strahlender Hi-Fi-Kopfhörer. Raumklang im Schönwetterfeld, Nr. 213, 2018, <https://www.raum-und-zeit.com/>