

# Elektromagnetische Strahlungseigenschaften von kopfnahen Schallquellen in der Telekommunikation

Florian M. König, ULTRASONE AG, D-82377 Penzberg, f.koenig@ultrasone.de

## 1. Einführung

In den letzten drei Jahren wurde mehrmals über Kopfhörer und deren für Menschen gesundheitlich bedenkliche, *kopfnah*e Magnetfelddispositionen berichtet [1, 2, 3]. Als Grundlage hierfür standen Normenempfehlungen sowie internationale Standards, wie die \*TCO'99 / MPRIII (Frequenzbereich: 5 Hz bis 2 kHz), NCRP sowie auch DIN 0848 Teil 4 Pate (50 Hz), welche die maximal zulässigen Feldgrenzwerte von u.a. \*200 nT im 30 cm Abstand vor einem PC-Monitor darlegen (Einheit "Tesla"  $\leftrightarrow$  korrekt: magnetische Induktion; [4]). Dabei wurden überraschend hohe Strahlungsmittelwerte von 847 nT / 1620 nT hinsichtlich ohrumschließender / -aufliegender Kopfhörermodelle aufgezeigt (zusammengefaßt in [5]: 60 Meßobjekte von 16 Herstellern).

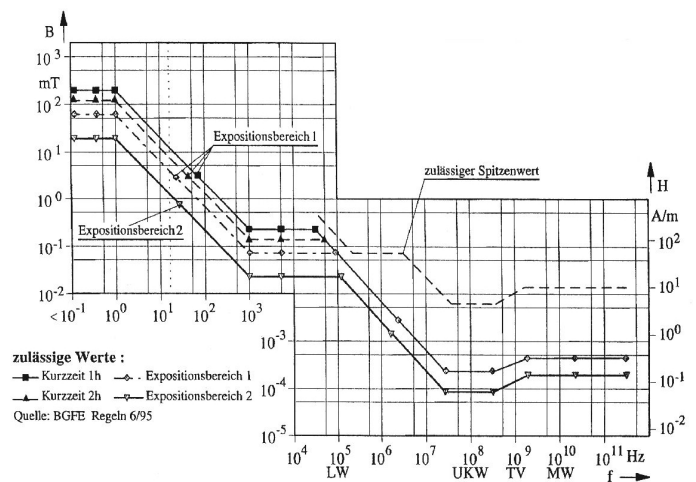
Es liegt deshalb nahe, diese Untersuchungsreihe auf artverwandte, kopfbezogene Beschallungsgegenstände zu erweitern, zumal in der Telekommunikation u.a. Headsets über Stunden hinweg zum Einsatz kommen und folglich eine nicht unwesentliche Bestrahlungsdosis erzielt werden könnte!

## 2. Beschreibung und Diskussion der Meßprozedur

Unabhängig von den o.g. Veröffentlichungen, soll an dieser Stelle nochmals eine empfehlenswerte Meßprozedur angerissen werden: Zunächst werden die Testobjekte vorzugsweise an einem Kunstkopf mittels Pink-Noise-Signal bei 70 dB SPL(C) ausgesteuert, welches in seiner spektralen Verteilung dem Sprach- oder Musiktonsignal sehr nahe kommt. Im eingeregelter Zustand werden die Kopfhörer / Headsets auf eine Meßspuleneinrichtung gespannt, die gleichzeitig den schläfenseitigen Kontakt bzw. die Andruckkraftverhältnisse am menschlichen Kopf abstands-adäquat simuliert.

Aufgrund der besagten überraschend hohen Feldmeßwerte (s. Kap. 1), welche eventuell an dem Meßkonzept Zweifel aufkommen ließen, sei nachfolgend explizit auf die vorgegebene bzw. ausgesuchte *Meßgerätepraxis* eingegangen:

- **Erstens** wurden schaltkreis-integrierte Miniaturspulen bzw. Kleinstinduktivitäten (ca. 5 mm) verwendet, da größere Meßspulenabmaße keine selektive Feldlinien-Erfassungen zulassen.
- **Zweitens** ist durch die o.g., breitbandige Pink-Noise-Signalanregung der Schallwandlerspulen und der bekannten, kontinuierlich mit steigender Frequenz zunehmenden, *biologischen Wirksamkeit von Magnetfeldern* eine anhebende Bewertung [6] der magnetischen Induktion in Abhängigkeit von Signalspektrum zwingend (gemäß DIN 0875, **Bild 1**).



**Bild 1:** Vorsorgewerte der magn. Flußdichte (gem. DIN).

- Dieses Bewertungskriterium hielt Einzug bei dem hier eingesetzten sowie universitär mitentwickelten Meßgerät, was für Meßergebniskonvertierungen unterschiedlicher Telekommunikationssysteme hilfreich ist (vgl. Sprachsignal-Übertragungsbandbreite von Telefonhöreerkapseln bei 300 Hz bis 3,4 kHz oder Headsets von 20 Hz bis 20 kHz).
- **Drittens** sollte im Zuge einer Verfahrensoptimierung das Faktum "*gleiche Lautstärke*" (nach ISO), anstatt "identischer Pegel" berücksichtigt werden, zumal o.g. schmal- oder breitbandigere Übertragungssysteme I sowie II auffällig unterschiedliche Lautstärkewahrnehmungen bei kalibrierten 70 dB SPL(C) boten.
- Die Meßprozedur ist mit höchster **\*\*Sorgfalt**, da Schalldruck-Schwankungen unmittelbar Magnetfeld-Meßergebnisvariationen auslösten!

- Zur Vereinfachung des zukünftigen Meßaufwandes ist ein Kunstkopf mit integrierter Meßspule in der Nähe der Ohrmuschel bzw. Mikrofon vorzusehen, womit das mehrfache Ab-/Aufsetzen der Testgeräte bei der Schall- und Magnetfeld-Erfassung entfällt.

### 3. Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung

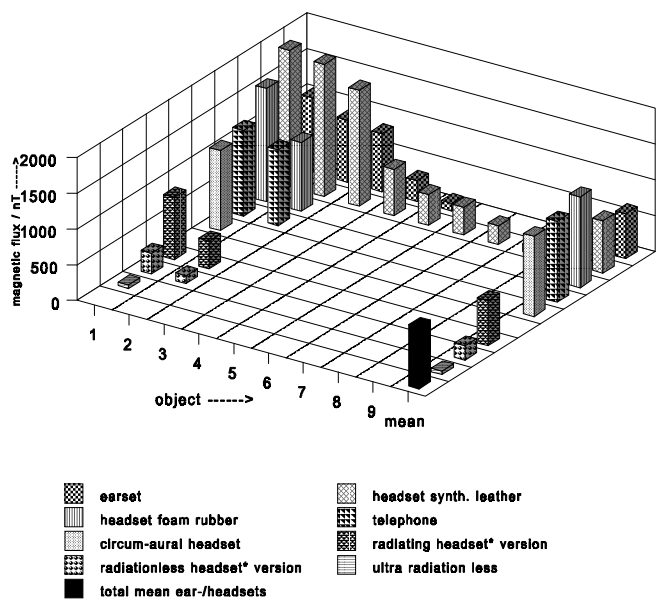
Es wurden insgesamt 21 Headsets und zwei Telefone von elf unterschiedlichen Herstellern geprüft, wobei kein "strahlungsarmes Serienmodell" vorgelag. Ein Headset arbeitet nach dem ohr-umschließenden Prinzip; alle sonstigen Modelle nach dem ohr-aufliegenden Prinzip und wurden aufgrund der geringen Wandlerabmessungen mit besonderer Sorgfalt behandelt. Jeder Balken bzw. Meßwert rekrutiert sich in **Bild 2** aus einem Mittelwert über mindestens zwei Messungen an den jeweiligen Testobjekten. Es geht vergleichend hervor, dass

- generell eine Korrelation zwischen dem magnetischen Flußdichtewert und der Bauform / Beschallungsprinzip gegeben ist,
- Headsets mit einem Schaumgummi-Ohrpolster höhere Feldintensitäten aufweisen (Mittelwert: 1270 nT) als jene mit Kunstleder-Ohrpolster (Mittelwert: 732 nT),
- Telefonsysteme überraschend hohe Feldemissionen aufzeigen (Mittelwert: 1130 nT),
- ohr-aufliegende/-umschließende Headsets zu gleichartigen Kopfhörern höchst ähnliche Meßwerte offenbaren (deshalb nur ein ohr-umschließendes Headset i. d. Untersuchung; Magnetfeld-Mittelwert: 1120 nT),
- über **sämtliche gängige Ear-/Headsets ein Mittelwert von 861 nT** errechnet wurde; was den ersten Messungen an 37 unterschiedliche Kopfhörern auf wenige zehn nT entspricht,
- die ermittelten *strahlungsärmsten* Untersuchungsobjekte entweder eine hohe Schallfeldeinkopplung in den Gehörgang (s. Earset: 100 nT) oder eine spezielle Magnetfeld-Abschirmung\*\* vor dem Schallwandler inne hatten (Vergleich ohne/mit Abschirmung je 630 nT bzw. 200 nT) und
- eine **gezielte MU-Metallabschirmung\*\*** [2, 5] am Austrittspunkt der Magnetfeldlinien vor der Schallwandlerspule bzw. mittig in der Nähe des Hochtton-Membranbereiches

extrem geringe Werte der magnetischen Induktion (50 nT) offerieren.

### 4. Resume`

Zusammengefaßt ist folgendes herauszuheben: In Sachen Strahlungseigenschaften dürfen Headsets akustisch mit bauprinzipgleichen Kopfhörersystemen verglichen werden. Der im wesentlichen kopfnaher Schallwandler-Aufenthaltort oder Schallfeld-Einkopplungs-Wirkungsgrad zum Gehörgang hin ist verantwortlich für größere Streuungen der vorweg genannten Objektfeldwerte. Um beispielsweise sogenannten "Elektrosensiblen" Abhilfen zu bieten, darf auf eine früher erörterte, *praktikable Maßnahmen* [2, 5], nämlich eine *MU-Metall-Abschirmung vor der Kopfhörer-Schallwandlerspule* verwiesen werden, welche derzeit eine Feldreduktion von bis zu 97 % ohne Klangbild einbußen schafft.



**Bild 2:** Darstellung des magnetischen Flusses in nT von unterschiedlichen Headsets bei Speisung mit Pink-Noise-Signal.

### Literatur

- [1] König, F.: Kopfhörer diskutiert als elektromagnetischer Nahfeldstrahler mit Elektrostreßwirkung; DAGA 1998. [2] König, F.: Headphones as nearfield electro-magnetic radiator's and probable health impairing objects; 2. Forum Acusticum 1999. [3] König, F.: Weiterführende Untersuchungen um elektromagnetische Strahlungseigenschaften speziell von Kleinkopfhörern, DAGA 2000; [www.tco-info.com/92\\_q&a.html](http://www.tco-info.com/92_q&a.html). [4] König / Folkerts: Elektrischer Strom als Umweltfaktor. Pflaum Verlag (1998). [5] König, F.: Headphones electro-magnetic field radiation and probable health impairing effects; BIOMEDICAL ENGINEERING, Cracow (Polen 2000); oder EMC Journal 2-2000. [6] Habiger, E.: Elektromagn. Verträglichkeit, Verlag Technik (1992).