

Hören über 20 kHz

Seit einigen Jahrzehnten geht die Wissenschaft davon aus, dass die Obergrenze des menschlichen Hörfrequenzbereiches bestenfalls bei ca. 20 kHz liegt, bei vielen älteren erwachsenen Personen liegt die „obere Grenzfrequenz“ bei lediglich 16 kHz oder noch darunter. Trotzdem wurden bei Hörtests mit Musikmaterial, die in jüngster Vergangenheit im Rahmen der 96/192 kHz Diskussion durchgeführt wurden, Unterschiede festgestellt zwischen Signalen, die durch die Übertragungskette bis 20 kHz begrenzt waren und solchen, die über eine Übertragungskette mit weiter reichendem Frequenzbereich wiedergegeben wurden.

Vor diesem Hintergrund führten die beiden Wissenschaftler Ashihara Kaoru und Kiryu Shogo vom japanischen Institut ETL verschiedene Experimente und Hörversuche durch, deren Ergebnisse auf der 7. AES Convention (Paper No. 5401) der Fachwelt präsentiert wurden.

Hiernach wird die Existenz eigentlich unhörbarer Frequenzen unter anderem dann wahrgenommen, wenn sie zusammen mit weiteren komplexen, nicht sinusförmigen Signalen über ein nichtlinear übertragendes System wiedergegeben werden. Durch diese nichtlinearen Übertragungseigenschaften werden die höherfrequenten Signale in den Hörfrequenzbereich demoduliert. Übertragungsglieder der Audiokette, bei denen das nichtlineare Übertragungsverhalten relativ stark ausgeprägt ist, sind z.B. die Lautsprecher, über die das Musiksignal wiedergegeben wird.

Die vorstehenden Sachverhalte wurden anhand des folgenden Experimentes belegt:

In einem Abstand von ca. 220 cm von der (normal hörenden) Testperson werden zwei Lautsprecher direkt übereinander so montiert, dass sie am Abhörplatz über identische Übertragungsfunktionen verfügen. Im ersten Teil des Versuches wird nur einer der beiden Lautsprecher verwendet: Über diesen wird ein harmonisches Frequenzspektrum wiedergegeben, welches nach oben bis 35 kHz begrenzt ist und dessen Grundwelle herausgefiltert wurde. Dieses Spektrum wurde anschließend um einen Ton mit der Frequenz von 31,5 kHz ergänzt, der zusätzlich mit einer Frequenz von 2 Hz gepulst ist, um sich besser aus dem übrigen Signal hervorzuheben. Sämtliche Testpersonen hörten den Unterschied zwischen den beiden Signalen, obwohl die Frequenz des gepulsten Tones weit über ihrem Hörfrequenzbereich lag. Bei einer anschließenden FFT-Analyse des akustischen Signals am Hörplatz wurde bei dem zweiten Testsignal (mit gepulstem 31,5 kHz-Ton) eine zusätzliche Komponente bei 3,5 kHz ausgemacht: Es handelt sich hierbei um eine (deutlich hörbare) Intermodulationsverzerrung, hervorgerufen durch nichtlineares Verhalten der Lautsprecher.

Im zweiten Teil des Versuches werden nun beide Lautsprecher eingesetzt: Der eine gibt das Testspektrum (ohne 31,5 kHz-Ton) wieder, während der zweite ausschließlich zur Übertragung des 31,5 kHz-Tones (wieder mit 2 Hz gepulst) dient. Hierdurch werden die nichtlinearen Lautsprechereigenschaften in Bezug auf den Testton ausgeschaltet. In diesem Fall konnte keine der Testpersonen einen Unterschied in der Darbietung bei ein- oder ausgeschaltetem 31,5 kHz-Ton ausmachen, selbst dann nicht, wenn sein Schalldruckpegel über 80 dB betrug. Die später am Abhörplatz gemessenen Spektren unterschieden sich lediglich durch die Existenz des 31,5 kHz-Tones, es wurde keine Komponente bei 3,5 kHz gefunden.

Fazit: Unterschiede, die bei Hörversuchen über Übertragungsketten mit unterschiedlichen oberen Grenzfrequenzen (> 20kHz) durchaus herausgehört werden, lassen sich auf zusätzliche niederfrequente Intermodulationsprodukte u.A. der Lautsprecher zurückführen, die dann auftreten, wenn diese mit höherfrequenten (Nutz-) Signalen angeregt werden.

Die hochfrequenten zur Originaldarbietung gehörenden Signale werden unterdessen vom Menschen nicht wahrgenommen!