

# Die „Techno-Schwelle“: Zur Bedeutsamkeit von Lautsprecherwiedergabe und Knochenleitung für die vestibuläre Wirkung lauter Bassklänge im EDM-Clubkontext

Harald Joachim Kern<sup>1</sup>, Steffen Lepa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Audio Communication Group, Technische Universität Berlin, Email: harald.kern@uni-oldenburg.de*

## Einleitung

Gemäß der These der „Rock’n’Roll-Schwelle“ [1] kann der besondere Reiz hoher Lautstärken beim Hören von Populärmusik in Clubs oder Diskotheken durch jene zusätzlichen Anregungen des Vestibularsystems erklärt werden, welche erst bei den für diese Rezeptionssituation typischen, hohen Lautstärken im Bassbereich (50-100 Hz Band) ab etwa 90 dB(A) SPL (impulsgewichtet) entstehen [2]. Die dadurch im Gleichgewichtssinn evozierten Bewegungsempfindungen liefern psychophysiologische Erklärungen für „Entrainment“-Phänomene [3] und den gesteigerten affektiven Genuss beim Rezipieren besonders lauter Tanzmusik. Bislang wurde die Plausibilität dieser Vermutungen laborexperimentell demonstriert, indem während der auditiven Präsentation von repetitiven, Bassdrum-artigen Stimuli mittels Kopfhörern bei unterschiedlichen Lautstärken sogenannte vestibulär evozierte myogene Potentiale (VEMPs) am Kopfwendemuskel abgeleitet wurden. Hierbei ergaben sich personenspezifische Schwellen für die zusätzliche vestibuläre Anregung im clubmusiktypischen Bereich zwischen 90 dB SPL und 120 dB SPL [4]. Nachfolgend werden diese Befunde repliziert und erweitert, indem erstmalig die Rolle des verwendeten Wiedergabesystems und der damit verbundenen, unterschiedlichen Schallpropagation zum Vestibularsystem untersucht wird: Hierzu werden sowohl In-Ear-Kopfhörer als auch eine Lautsprecheranlage bei äquivalenter Luftschallanregung eingesetzt. So soll überprüft werden, ob Lautsprecherwiedergabe und Kopfhörerwiedergabe von basslastiger Musik bei hohen Lautstärkepegeln trotz ihres unterschiedlichen Potentials zur vibro-taktilen Stimulation vergleichbare physikalische sowie emotionale Anregungen von Musikhörenden bewirken können. Dazu werden bei lauter Bassdrum-Wiedergabe mittels beider Systeme resultierende VEMPs sowie physiologische und subjektive emotionale Erregung der Hörer erhoben. Eine methodische Weiterentwicklung wird in Bezug auf die Ableitung der VEMPs vorgenommen: Diese erfolgt sowohl über den vestibulo-collaren (cVEMP) [5] als auch erstmals über den vestibulo-okulären Reflexbogen (oVEMP) [6].

## Methode

### Stichprobe

Der Hörversuch wurde mit 24 normalhörenden Versuchspersonen mit Vorliebe für elektronische Tanzmusik (EDM) durchgeführt.

## Stimuli

Eine 909-Bassdrum wurde mittels des VST-Plugins Drumazon generiert und anschließend digital nachbearbeitet. Hierbei wurde auf eine geringe Anstiegs- und Abfallzeit der Hüllkurve sowie auf eine ausgeprägte Tiefpasscharakteristik oberhalb von 100 Hz geachtet. Der Schalldruckpegel wurde anschließend in drei Amplitudenstufen variiert: 80 dB(C), 95 dB(C) und 110 dB(C).

## Apparatur

Das Experiment fand im elektronischen Studio 2 der TU-Berlin statt. In dem 46 qm großen Raum befinden sich acht Aktiv-Lautsprecher der Marke Meyer UPL-1, welche in Kombination mit einem d&b B1 Subwoofer das Lautsprechersystem bilden. Der verwendete In-Ear-Kopfhörer war vom Typ CX 300 II. EMG am Kopfwendemuskel bzw. unteren schrägen Augenmuskel und der Hautleitwert wurden über ein Biotrace Nexus-4 Physiologiemessgerät mit einer Frequenz von 1024 Samples/Sekunde aufgezeichnet.

## Versuchsablauf

Im Sinne eines „within-subjects-design“ durchlief jede Versuchsperson auch jede mögliche Kombination aus Messart (cVEMP/oVEMP), Wiedergabesystem (Lautsprecher/In-Ear-Kopfhörer), und Amplitudenstufe. Die Reihenfolge war für jeden Teilnehmer unterschiedlich und über die Stichprobe gleichmäßig verteilt. Bei einer Wiederholrate von 120 BPM enthielt ein oVEMP Messdurchlauf 64 Iterationen und ein cVEMP Messdurchlauf (zwecks geringerer Belastung der VP) jeweils nur 32 wiederholte Darbietungen der Bassdrum. Die oVEMP-Messungen wurden verfahrensbedingt im Liegen durchgeführt. Nach jedem Durchlauf gaben die VP ihre empfundene subjektive Erregung auf einer Rating-Skala von 1-6 an und bekamen anschließend kurz Gelegenheit zum Ausruhen.

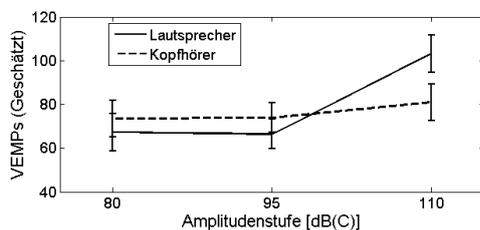
## Auswertung

Zur Bestimmung der VEMPs wurde aufgrund möglicher Überlagerungen durch vorhergehende Stimulus-Iterationen jeweils die höchste gemessene EMG-Amplitude ( $\mu V$ ) im Zeitfenster von 170 ms nach Stimulusdarbietung verwendet. Zur Ermittlung von Hautleitwertveränderungen ( $\mu S$ ) wurde die Differenz zwischen Startzeitpunkt des Messvorgangs und dem Maximum bzw. Minimum innerhalb der ersten sieben Sekunden eines Durchlaufs gebildet. Alle abhängigen Variablen wurden mittels deskriptiver Statistik und

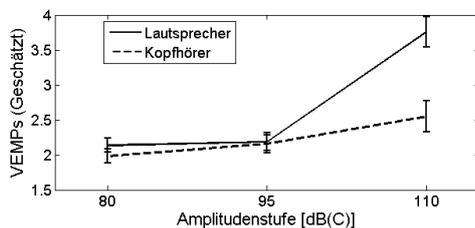
multivariater Varianzanalyse (MANOVA) mit Messwiederholung ausgewertet.

## Ergebnisse

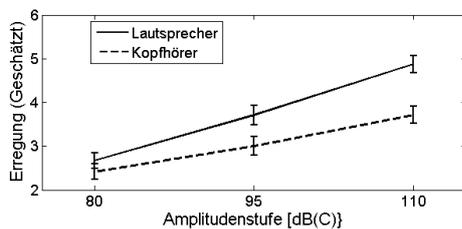
In den Mittelwerten der VEMP-Messungen (Abb. 1 und Abb. 2) zeigen sich deutlich die auch in der MANOVA signifikanten ( $p < 0,05$ ) Interaktionseffekte von Wiedergabesystem und Amplitudenstufe: Oberhalb einer Wiedergabelautstärke von 95 dB(C) ergibt sich ein deutlicher Anstieg der VEMPs lediglich bei Verwendung des Lautsprechers. In Bezug auf die subjektive emotionale Erregung der Versuchspersonen (Abb. 3) und die Hautleitwertveränderung (Abb. 4) zeigt sich ein ähnliches, wenn auch nicht identisches Bild: Hier tritt eine signifikante ( $p < 0,05$ ) Interaktion von Wiedergabesystem x Amplitudenstufen bereits bei 95 dB(C) auf.



**Abbildung 1:** Mittelwert und Standardfehler der VEMP Messung über den Amplitudenstufen - cVEMP Messungen.



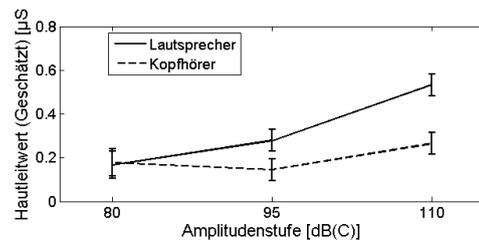
**Abbildung 2:** Mittelwert und Standardfehler der VEMP Messung über den Amplitudenstufen - oVEMP Messungen.



**Abbildung 3:** Mittelwert und Standardfehler der subjektiven Erregung über den Amplitudenstufen - oVEMP Messungen.

## Diskussion

Im Gegensatz zu Versuchsdurchläufen mittels Kopfhörerwiedergabe zeigen die bei Lautsprecher-Verwendung gewonnenen Daten bei Basswiedergabe mit hohen Pegeln weitaus deutlicher und früher das Überschreiten der Anregungsschwelle des Vestibularsystems auf. Gleiches gilt für die Effekte auf Hautleitwert



**Abbildung 4:** Mittelwert und Standardfehler der Hautleitwertveränderung über den Amplitudenstufen - oVEMP Messungen

und subjektive Erregung der Versuchspersonen. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass die vibro-taktile Schallübertragung mittels Knochenleitung maßgeblich zur Anregung des Vestibularsystems und damit auch zur emotionalen Anregung der musikhörenden Person beiträgt. Der Effekt lässt sich zudem auf analoge Weise mittels beider verwendeten VEMP Erhebungsmethoden darstellen, so dass in zukünftigen Versuchen dieser Art auf die relativ aufwändige und für die VPs anstrengende Untersuchung des vestibulo-collaren Reflexbogens verzichtet werden kann. Unsere Ergebnisse verweisen deutlich darauf, dass zukünftige Forschungsarbeiten die Rolle des jeweils verwendeten Emittersystems bzw. die mögliche vibro-taktile Propagation niedrigfrequenter Stimuli bei Untersuchungen zu „Basswirkungen“ stärker berücksichtigen sollten. Dies bezieht sich nicht allein auf das untersuchte „Technoclub-Szenario“, sondern lässt sich methodisch auch auf andere Bereiche übertragen, in denen vibrotaktile Schallübertragung mittels Knochenleitung eine große Rolle spielt (z.B. auf die Geräuschbewertung von Verbrennungsmotoren).

## Literatur

- [1] Dibble, K.: Hearing Loss & Music. *J. Audio Eng. Soc.* 43 (1995), 251–254, 256–258, 260–266
- [2] Todd, N. P. ; Cody, F. W.: Vestibular responses to loud dance music: A physiological basis of the “rock and roll threshold”? *J. Acoust. Soc. Am.* 107 (2000), 496–500
- [3] Madison, G.: Experiencing Groove Induced by Music: Consistency and Phenomenology. *Music Perception* 24 (2006), 201–208
- [4] Todd, N: Evidence for a behavioral significance of sacular acoustic sensitivity in humans. *J. Acoust. Soc. Am.* 110 (2001), 380–90
- [5] Colebatch, J.G. ; Halmagyi, G.M. ; Skuse, N.F.: Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulo-collis reflex. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 57 (1994), 190–197
- [6] Todd, N.P.M. ; Rosengren, S.M. ; Aw, S.T. ; Colebatch, J.G.: Ocular vestibular evoked myogenic potentials (OVEMPs) produced by air- and bone-conducted sound. *Clin. Neurophysiol.* 118 (2007), 381–390