



Überlegungen zu „unter 8 Hz“

Schall erreicht in der Regel über die Luft das menschliche Gehör mit dem Ohr als zuständigem Sinnesorgan. Tieffrequente Schallereignisse können darüber hinaus auch mit anderen Organen wahrgenommen werden (taktile sowie vestibuläre Wahrnehmung).

Über das Trommelfell und die Gehörknöchelchen werden die Schallwellen an das Innenohr weitergeleitet und über die inneren und äußeren Haarzellen an die weiterleitenden Nervenbahnen übertragen. Die äußeren Haarzellen sind anders als die inneren Haarzellen fest mit der Tektorialmembran verbunden. Dadurch ist auch bei langsamen Bewegungen durch sehr tiefe Frequenzen eine große Auslenkung und damit eine signifikante Reizwahrnehmung möglich .

Salt hat nachgewiesen, daß die äußeren Haarzellen des Innenohres auf Schwingungen im unhörbaren Infraschallbereich reagieren und die Reize entsprechend weiterleiten. Die Versuche sind an Meerschweinchen durchgeführt worden, was von Kritikern immer wieder dazu benutzt wird, die Ergebnisse per se in ihrer Übertragbarkeit auf den Menschen in Frage zu stellen. Die Wahrnehmungsschwelle von Meerschweinchen ist um 17,6 dB weniger empfindlich als die des Menschen, so daß die beim Meerschweinchen gemessenen Ergebnisse beim Menschen vermutlich sogar eher bei noch niedrigeren Schallstärken zu erwarten sind. (Salt 2011, Heffner et al., 1971; Miller and Murray, 1976; Walloch and Taylor-Spikes, 1976; Prosen et al, 1978, Fay, 1988)(1)

Scholz et al konnten mittels der modulierten DPOAE zeigen, dass der kochleäre Verstärker auch auf Frequenzen des Infraschallbereichs reagiert. Mit der 2006 veröffentlichten Studie konnten sie beweisen, dass Stimuli von 6 und 12 Hz auch die Funktion des Innenohres beeinflussen. Die unterschiedliche individuelle Beweglichkeit der Basalmembran für tiefe Frequenzen könnte erklären, warum manche Menschen Infraschall oder Tieftöne als unangenehm und störend empfinden, andere die gleichen physikalischen Reize kaum wahrnehmen.

Da der Dynamikbereich des menschlichen auditorischen Systems bei geringer werdenden Frequenzen auch kleiner wird, muss unbedingt das gesundheitliche Risiko bedacht und müssen längere Tieftoneinwirkungen vermieden werden. (2)

Das läßt sich in der Praxis nur mit geeigneten Messungen im Infraschallbereich sicherstellen!

Auch U. Petrus hat im Rahmen ihrer Dissertation 2014 am menschlichen Ohr nachgewiesen, dass Infraschall unter 8 Hz die Basalmembran in der Cochlea in ihrer Lage beeinflusst und reproduzierbar die DPOAE-Modulation bewirkt. (3)

Ising und Schwarze haben bei 3 - 6 Hz und 110 dB eine Verminderung der Atemfrequenz und eine Erhöhung von Herzfrequenz und Adrenalin / Noradrenalin festgestellt.

Das ist unterhalb der derzeit festgelegten Hör- und Wahrnehmungsschwelleschwelle! (4)

Tabelle 4.

	Kontrolle	110 dB			75 dB(A)	110 dB + 75 dB(A)
		3 – 6 Hz	6 – 12 Hz	12 – 24 Hz	Verk.-Lärm	Kombinat.
Blutdruck systolisch (mm Hg)	115,4	115,6	116,1	117,3	116,2	117,4
Blutdruck diast. (mm Hg)	76,6	76,2	76,8	77,6 ^a	77,4 ^a	78,1
Herzfrequenz (min ⁻¹)	71,6	73,7	70,9	72,3	74,2	71,5
Atemfrequenz (min ⁻¹)	16,3	15,6 ^b	15,9	16,1	16,4	16,6
Pulswellenlaufzeit (ms)	192,4	193,3	189,9	188,5	183,6 ^a	187,2
Adrenalin (µ/8 h)	4,27	4,98	4,89 ^a	5,13 ^a	4,59	4,85
Noradrenalin (µg/8 h)	11,1	12,1	12,4	12,3	13,4 ^a	12,7 ^a
c-AMP (µmol/ 8 h)	2,02	2,08	2,03	2,12	2,13	2,14

Mittelwerte der physiologischen und biochemischen Wirkungsparameter bei Kontroll- und Belastungsbedingungen
Irrtumswahrscheinlichkeit nach dem Wilcoxon-Test für Unterschied zur Kontrolle:
a = p 0,05; b = p 0,01

2005 ist von Weiler in einer Einzeluntersuchung an einer Probandin experimentell nachgewiesen worden, daß sich das EEG durch Infraschalleinwirkung unterhalb der Hörschwelle signifikant verändert. Die Topographische Darstellung des Alpha3-Bandes wies dabei ein sehr ähnliches Verteilungsmuster wie bei Tinnituspatienten auf. Für den zweiten langsamen Frequenzbereich (Theta) konnten anhand der Brainmaps erhöhte Powerwerte im linken und/oder rechten vorderen Quadranten nachgewiesen werden. Beides sind typische Bilder für eine labile emotionale Lage. Zusätzlich konnte eine erhöhte Theta-power im okzipitalen Bereich dokumentiert werden, was auf das Vorliegen von Schwindel und von Schlafstörungen hinweist.

Dazu eine Anmerkung: Es wurden zunächst die Frequenzen 4 Hz, 8 Hz, 12,5 Hz 16Hz und 31,5 Hz zur Messung vorgesehen. Während der Messungen unter subliminaler Schwingungseinwirkung verschlechterte sich jedoch der Allgemeinzustand der Probandin so sehr, dass auf die Frequenzen 12,5 Hz und 16 Hz verzichtet werden musste und lediglich die Frequenzen **4 und 8 Hz** sowie abschließend die Frequenz 31,5 Hz mit den entsprechenden Pegelwerten in ihrer Wirkung auf das EEG gemessen werden konnten.

Diese Ergebnisse sind ein wichtiger Hinweis auf die vermuteten Zusammenhänge. Leider hat bisher keine Untersuchung mit einer ausreichend großen Probandenzahl stattgefunden. **Diese Einzelfalluntersuchung ist somit weder in einem großen Kollektiv bestätigt noch widerlegt worden.**

Infraschall wird über die Hörbahn weitergeleitet und weiterverarbeitet. Von Teilen der Hörbahn wird das Kerngebiet der Amygdala miterfasst und auch miterregt. Ihre Funktion besteht unter anderem in einem modulierenden Einfluß auf die Zentren des Hypothalamus, der seinerseits das beherrschende vegetativ-nervöse bzw. hormonelle Regulationszentrum für den gesamten Organismus darstellt. **Diese Verarbeitungssysteme funktionieren ohne kognitive Beteiligung, was dazu führt, daß sie auch während des Schlafes vollständig aktiv sind** (Spreng in (Ising u.a. 2001).

Schallimmissionen haben dadurch nicht nur aurale sondern auch extra-aurale Wirkung, z.B. in Form von körperlichen Streßreaktionen.

Für andere gut untersuchte Lärmquellen konnte nachgewiesen werden, daß Lärm (indem er stört und belästigt) als psychosozialer Stressfaktor nicht nur das subjektive Wohlempfinden und die Lebensqualität beeinträchtigt, sondern auch die Gesundheit im engeren Sinn beeinträchtigt. **Er aktiviert das autonome Nervensystem und das hormonelle System.** Die Folge können Veränderungen von Blutdruck, Herzfrequenz und anderen Kreislauffaktoren sein. Der Körper schüttet vermehrt Stresshormone aus, die ihrerseits in Stoffwechselforgänge des Körpers eingreifen. Die Kreislauf- und Stoffwechselregulierung wird weitgehend unbewusst über das autonome Nervensystem vermittelt. Die autonomen Reaktionen treten deshalb auch im Schlaf und bei Personen auf, die meinen, sich an Lärm gewöhnt zu haben. Zu den möglichen Langzeitfolgen chronischer Lärmbelastung gehören neben den Gehörschäden auch Änderungen bei biologischen Risikofaktoren (zum Beispiel Blutfette, Blutzucker, Gerinnungsfaktoren) und Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie arteriosklerotische Veränderungen („Arterienverkalkung“), Bluthochdruck und bestimmte Herzkrankheiten einschließlich Herzinfarkt. (Mersch-Sundermann,V.,2010). Die Gefahr, durch Lärm zu erkranken, wird mit zunehmendem Alter immer größer.

Was für den hörbaren Lärm gilt, gilt auch für die Infraschalleinwirkung unterhalb der Hörschwelle!

Die Hörbarkeit des Lärms beinhaltet zugleich eine Schutzfunktion: der Mensch sucht sich dem störenden und möglicherweise schädigenden Lärm zu entziehen oder die Lärmquelle abzuschalten.

Beim Infraschall versagt diese Schutzfunktion leider, weil er für unser Ohr unhörbar ist. Unhörbar bedeutet aber nicht automatisch unschädlich, man muß hier deutlich zwischen der Wirkschwelle und der Wahrnehmungsschwelle unterscheiden.

Aus diesem Grund muß man im Alltag die Infraschallemissionen mit geeigneten Meßmethoden feststellen, um die notwendigen Vorsichtsmaßnahmen zum vorbeugenden Gesundheitsschutz rechtzeitig ergreifen zu können.

Deshalb: Messung der Schallemissionen auch unter 8 Hz!

(1)

Alec Salt, 2011

The thresholds of guinea pig hearing have been measured with stimulus frequencies as low as 50 Hz, as shown in Fig 4A. The average sensitivity at 125 Hz for five groups in four studies (Heffner et al., 1971; Miller and Murray, 1976; Walloch and Taylor-Spikes, 1976; Prosen et al, 1978, Fay, 1988) was 37.9 dB SPL, which is 17.6 dB less sensitive than the human at the same frequency and is consistent with the shorter cochlea of guinea pigs. In the absence of data to the contrary, it is therefore reasonable to assume that if low frequency responses are present in the guinea pig at a specific level, then they will be present in the human at a similar or lower stimulus level.

(2)

G. Scholz et al 2006

Diskussion: Es ließ sich mittels der modulierten DPOAE zeigen, dass der kochleäre Verstärker auch auf Frequenzen des Infraschallbereichs reagiert. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die hier gefundene Arbeitskennlinie des kochleären Verstärkers im Infraschallbereich parallel zur von Moeller u. Pedersen (2004) geschätzten Wahrnehmungsschwelle verläuft; im tieffrequenten Hörbereich zeigt sie einen flacheren Verlauf als die subjektive Hörschwelle (ISO 226:2003), wofür zentrale Verarbeitungsmechanismen denkbar sind.

Seit langem ist bekannt, dass Infraschallreize verschiedene Auswirkungen auf den menschlichen Organismus haben. Mit der vorliegenden Studie konnten wir beweisen, dass Stimuli von 6 und 12 Hz auch die Funktion des Innenohres beeinflussen. Der gezeigte Modulationseffekt der DPOAE bei Normalhörenden streut interindividuell, bleibt aber intraindividuell sehr konstant, falls die Messparameter nicht verändert werden.

Nimmt man an, dass der MI ein Maß für die Beweglichkeit für tiefe Frequenzen der Basilarmembran darstellt, könnten die individuellen MI die unterschiedliche Sensitivität des peripheren Gehörs repräsentieren, obwohl sich die subjektiven Hörschwellen der Probanden nicht unterscheiden haben. Geringe Verschiebungen des Arbeitspunktes auf der Kennlinie des kochleären Verstärkers scheinen bei manchen Ohren einen stärkeren Effekt auf das Kompressionsverhalten auszuüben als bei anderen. Die unterschiedlichen individuellen MI könnten erklären, warum manche Menschen Infraschall oder Tieftöne als unangenehm und störend empfinden, andere die gleichen physikalischen Reize kaum wahrnehmen.

Unsere Ergebnisse zeigen auch, dass ein Suppressortone von 6 Hz mit einem Pegel von 130 dB SPL von keinem der Probanden als unangenehm empfunden wurde, wenn die Infraschalleinwirkung nur von kurzer Dauer war. Die Modulation der DPOAE zeigte bei allen, dass die Infraschallreize die kochleäre Funktion beeinflussten. Eine Schädigung der OHC durch diese Suppressionsmessungen schließen wir aus, da bei keinem der 12 Probanden eine TDPLS direkt nach den Messungen auftrat und auch bei der Befragung nach einem Tag keine Hörprobleme gemeldet wurden.

Weitere Untersuchungen dieser Art könnten zeigen, warum die Sensitivität des kochleären Verstärkers bei Infraschallreizen so unterschiedlich ist und warum einige Menschen berichten, unangenehme Empfindungen dabei zu verspüren. Da aber der Dynamikbereich des menschlichen auditorischen Systems bei geringer werdenden Frequenzen auch kleiner wird, muss unbedingt das gesundheitliche Risiko bedacht und müssen längere Tieftoneinwirkungen vermieden werden.

(3)

Petrus, Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin ,DISSERTATION: Die Wirkung von Infraschall auf die menschliche Cochlea :

Schauen wir uns die Modulationen der DPOAE durch die Infraschalltöne an, so zeigen die objektiven Ergebnisse eindeutig deren Einfluss auf das menschliche Innenohr. Durch den zugeschalteten Tieftone von 6 Hz und einem Pegel von 130 dB SPL beginnt die vorher lediglich störgeräuschbedingt minimal schwankende DPOAE-Amplitude periodisch an- und abzuschwellen (siehe Abb. 4.1 auf Seite 42). Bei den folgenden Messungen mit den Frequenzen 12, 24 und 50 Hz wurden die Suppressortonepegel derart angepasst, dass der MI als Maß für die Modulation konstant gehalten wurde. Ein konstanter MI wird hier als gleichbedeutend mit einer gleich stark ausgeprägten Verlagerung der BM interpretiert. Die Modulation ist von der Phase des Tieftons abhängig und schwingt periodisch im Zeitverlauf, wobei die Extrema bis auf eine kurze Latenz mit den durch den Tieftone bedingten Druckverhältnissen vor dem Trommelfell korrelieren. Diese Latenz beschreibt eine Verschiebung des Modulationsmusters gegenüber der Phase des Tieftons und ist je nach Suppressortonefrequenz unterschiedlich ausgeprägt. Mit steigender Frequenz f_B nimmt die Phasenvoreilung des DPOAE-Amplitudenminimums (= Suppressionsmaximum) zu.

Die periodischen DPOAE-Modulationsmuster weisen demnach deutliche Auswirkungen durch die zugeschalteten reinen Töne im niederfrequenten und Infraschallbereich auf. Dies bedeutet, dass Infraschall selbst, eben auch ohne den Umweg über die Harmonischen oberhalb von 16 Hz (vgl. Abb. 3.4 auf Seite 30), die Basalmembran in ihrer Lage beeinflusst und reproduzierbar die DPOAE-Modulation bewirkt.

(4)

(Ising, H.; Schwarze, C.; "Infraschallwirkungen auf den Menschen", Zeitschrift für Lärmbekämpfung Jg.:29, Nr.3, 1982, S. 79-82)