

## Luftgeleiteter Ultraschall und Arbeitsschutz

Dr. Andrea Wolff

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 53757 Sankt Augustin,  
E-Mail: andrea.wolff@dguv.de

### Einleitung

Der industrielle Einsatz von Ultraschalltechnologien in Form von Reinigungsbädern, Ultraschallschneide- und vor allem Ultraschallschweißgeräten ist weiterhin steigend. An derartigen Arbeitsplätzen mit Ultraschallquellen liegen sowohl Geräusche im Hörschallbereich (Frequenzen von 16 Hz bis 16 kHz) vor, wie auch Geräusche im Ultraschallbereich (Frequenzen > 16 kHz).

Um im Zuge dieses Trends dem Arbeitsschutz gerecht zu werden, ist im September 2012 die überarbeitete Richtlinie VDI 3766 "Ultraschall - Arbeitsplatz - Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung" erschienen, die ein spezielles Verfahren zur Messung, Bewertung und Beurteilung der Schallexposition im Beisein von Ultraschall beschreibt.

Jedoch beantwortet auch diese nicht alle wichtigen Fragen, die im Rahmen einer Beurteilung von Ultraschallbelastung am Arbeitsplatz auftreten. So existieren mangels umfassender, belastbarer Studien keine Beurteilungskriterien für die Schädigung des menschlichen Ohres durch luftgeleiteten Ultraschall bei Frequenzen oberhalb von 8 kHz. Auch weisen die in der VDI 3766 und der VDI 2058 Blatt 2 festgelegten Richtwerte Lücken auf, die aus Sicht des Arbeitsschutzes dringend geschlossen werden sollten. Hierzu existieren bereits Vorschläge.

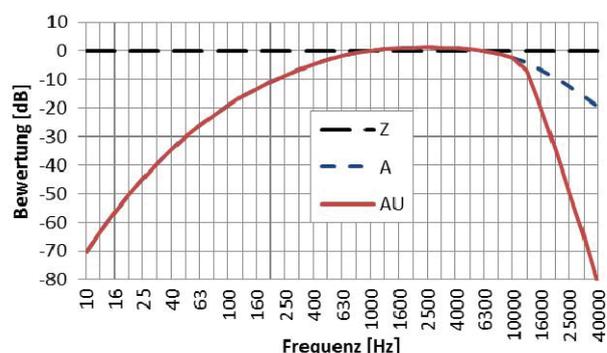
### Messung, Bewertung und Beurteilung von luftgeleitetem Ultraschall

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [1] und die zugehörigen Technischen Regeln beschäftigen sich per Definition mit der Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung der Hörschallexposition. Die Einwirkungen von Infraschall oder Ultraschall auf den Menschen werden dort nicht behandelt.

Bei Anwendung herkömmlicher Messverfahren zur Ermittlung der Lärmexposition am Arbeitsplatz im Hörschallbereich kann es zu einer Beeinflussung des Messergebnisses durch die Anwesenheit von Ultraschall kommen. Dies kann letztendlich zu einer fehlerhaften Bewertung der Hörschallexposition führen. Der Grund hierfür liegt in den erlaubten Toleranzen, innerhalb derer ein Schallpegelmessgerät die A-Bewertung gemäß der Schallpegelmessgerätenorm DIN EN 61672-1 [4] umsetzen muss.

Hinzu kommt, dass die A-Bewertung in dieser Norm nur bis 20 kHz definiert ist. In einem Messgerät werden Frequenzen oberhalb von 20 kHz jedoch keineswegs abgeschnitten, sondern werden – je nach Mikrofon – unterschiedlich hoch erfasst und vielfach gedämpft.

Um diesen und anderen Unwägbarkeiten zu begegnen, ist mit Erscheinen der VDI 3766 ein spezielles Verfahren zur Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung der Schallexposition durch Ultraschall am Arbeitsplatz publiziert worden [5]. Nach dieser Richtlinie soll im Beisein von Ultraschall eine Bewertung der Lärmexposition grundsätzlich nach Anwendung des AU-Frequenzbewertungsfilters [3] erfolgen. Diese Bewertungskurve stimmt im Frequenzbereich bis 10 kHz mit der A-Frequenzbewertung überein und unterdrückt höhere Frequenzen dann deutlich stärker als die A-Bewertung. Eine Darstellung der Bewertungskurven als Funktion der Frequenz ist in Abbildung 1 zu finden.



**Abbildung 1:** Die Frequenzbewertungskurven Z (schwarz, lang gestrichelt), A (blau, kurz gestrichelt) und AU (rot, durchgezogen)

Um eine Bewertung der Gefährdung durch Ultraschall am Arbeitsplatz vorzunehmen, kann– in Anlehnung an das Mess- und Beurteilungsverfahren der DIN EN ISO 9612 – der AU-bewertete Lärmexpositionspegel  $L_{EXAU,8h}$  bestimmt werden. Zusätzlich ist der unbewertete Spitzenschalldruckpegel  $L_{Zpeak}$  zu messen. Für diese beiden Messgrößen gibt die VDI 3766 Richtwerte an. Um eine Gehörschädigung im Sprachfrequenzbereich (bis 8 kHz) zu vermeiden, soll nach der Richtlinie der AU-bewertete Lärmexpositionspegel  $L_{EXAU,8h}$  den Wert von 85 dB(AU) nicht überschreiten. Ebenso soll der Z-bewertete Spitzenschalldruckpegel  $L_{Zpeak}$  niedriger als 140 dB sein. Nach VDI 2058-2 soll außerdem der Terzschalldruckpegel der Terz mit Mittenfrequenz 20 kHz  $L_{Terz,20kHz}$  den Wert von 110 dB nicht überschreiten. Dann sind bleibende Gehörschäden durch luftgeleiteten Ultraschall nicht wahrscheinlich. Tabelle 1 fasst diese Richtwerte zusammen.

**Tabelle 1:** Richtwerte bei Messungen im Beisein von Ultraschall

Bezeichnung	Richtwert (in dB)	Herkunft
$L_{EXAU,8h}$	85	VDI 3766
$L_{Zpeak}$	140	VDI 3766
$L_{Terz,20kHz}$	110	VDI 2058-2

Die Richtlinien VDI 3766 und VDI 2058-2 treffen nur eine Aussage zum möglichen Schädigungspotential im Sprachfrequenzbereich (bis 8 kHz). Da Audiometrie meist nur bis zu Frequenzen von 8 kHz stattfindet, liegen für den Hörfrequenzbereich oberhalb von 8 kHz nur wenige Untersuchungsergebnisse vor. Auch zu möglichen Schädigungen durch reinen luftgeleiteten Ultraschall wird in der VDI 3766 keine Aussage getroffen, obwohl bekanntlich viele Menschen durch extraaurale Symptome wie Schwindel, Übelkeit, Druckgefühl auf den Ohren oder Kopfschmerzen beeinträchtigt werden, wenn sie Ultraschall bei höheren Pegeln ausgesetzt sind. Der Wirkungsmechanismus ist allerdings noch unbekannt [10]. Hier sind weitere Studien nötig um eine Aussage zu Schädigungen durch Geräuscheinwirkung im gesamten Hörfrequenzbereich treffen zu können. Um extraaurale Symptome zu vermeiden, empfiehlt Maue [7] die bestehenden Richtwerte gemäß Tabelle 2 zu erweitern. Diese Erweiterung der Richtwerte fügt sich gut in die verschiedenen nationalen Regelungen anderer Länder ein, vgl. [8].

**Tabelle 2:** Vorschlag zur Erweiterung der Richtwerte für die maximalen 5-Minuten-Terzbandpegel bei Exposition mit Ultraschall

Terzmittenfrequenz (in kHz)	Max. 5-Minuten-Terzband- pegel $L_{Z, \text{Terz}, 5 \text{min}}$ (in dB)
16	90
20	110
25	110
31,5	110
40	110

### Dosis-Wirkungs-Beziehung

Ein Hauptproblem beim Umgang mit einer Gefährdungsbeurteilung durch Ultraschall ist das Fehlen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung. Bei „klassischem“ Lärm am Arbeitsplatz kann die Norm DIN EN ISO 1999 [2] für die Ableitung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung herangezogen werden. Die Norm basiert auf audiometrischen Daten mehrerer tausend Menschen mit wohldefinierter Hörschallexposition. Mit Hilfe dieser Daten kann ein Zusammenhang zwischen den individuellen Gehörverlusten und der Lärmexposition am Arbeitsplatz hergestellt werden.

Eine solche Beziehung existiert für die Belastung mit Ultraschall nicht. Zudem gibt es längst nicht so viele rein ultraschall-exponierte Menschen. Die Lärmeinwirkung ist typischerweise eine Kombination aus Ultraschall und Schall im Hörbereich und der Einsatz von Gehörschutz hat deutlich zugenommen.

Die Unwissenheit bezüglich der Dosis-Wirkungs-Beziehung für Ultraschall spiegelt sich auch in einer Vielzahl von Grenz- und Richtwerten wider [8]. Viele der dort genannten Werte wurden in den 70er und 80er Jahren des 20. Jahrhunderts aufgestellt und seitdem nicht mehr angepasst.

### Fazit

Der industrielle Einsatz von Ultraschalltechnologie ist nach wie vor steigend. Die Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung beschäftigt sich ausschließlich mit Lärm

im Hörfrequenzbereich. Die VDI 3766 nennt zwei Richtwerte zur Beurteilung der Lärmexposition am Arbeitsplatz im Beisein von Ultraschall. Der Lärmexpositionspegel  $L_{EXAU, 8h}$  soll 85 dB nicht überschreiten und der Z-bewertete Spitzenschalldruckpegel  $L_{Z, \text{peak}}$  soll kleiner als 140 dB sein. Zusätzlich legt die VDI 2058-2 einen Richtwert von  $L_{Z, \text{Terz}, 5 \text{min}} = 110$  dB für den Z-bewerteten Pegel der Terz mit Mittenfrequenz 20 kHz fest.

Generell ist eine große Unsicherheit bezüglich der Gefährdung durch die Exposition mit Ultraschall festzustellen. Sie äußert sich beispielsweise in von Land zu Land variierenden Richtwerten. Es existiert auch keine Dosis-Wirkungs-Beziehung für Ultraschall, da keine ausreichenden Daten zur Erstellung einer solchen vorliegen.

Es muss ein mittelfristiges Ziel der Prävention sein, dass Ultraschall richtig erfasst und in die Gefährdungsbeurteilung einbezogen wird. Ohne genauere Kenntnisse kann nur empfohlen werden, sich an den Vorgaben der VDI 3766 zu orientieren und zusätzlich die von Maue empfohlenen Höchstwerte für die Terzbandpegel von 16 bis 40 kHz einzuhalten.

### Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007. BGBl. I, S. 261, zul. Geänd. 19. Juli 2010. BGBl. I, S. 964.
- [2] DIN EN ISO 1999: Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment, Beuth Verlag, 2. Auflage (1990).
- [3] DIN EN 61012: Filter für die Messung von hörbarem Schall im Beisein von Ultraschall, Beuth Verlag (1998).
- [4] DIN EN 61672 Blatt 1: Schallpegelmesser Teil 1: Anforderungen, Beuth Verlag (2003).
- [5] VDI 3766: Ultraschall – Arbeitsplatz – Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung, Beuth Verlag (2012).
- [6] VDI 2058 Blatt 2: Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung, Beuth Verlag (1988).
- [7] Maue, J.: Messung und Beurteilung von Ultraschallgeräuschen am Arbeitsplatz, TS 2 (2012) Nr. 7/8.
- [8] Lawton, B.W.: Exposure Limits for Airborne Sound of Very High Frequency and Ultrasonic Frequency, ISVR Technical Report No 334 (2013).
- [9] Veit, I.: Wirkung von Ultraschall auf das Gehör : Bestandsaufnahme; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Forschungsbericht Nr. 231 (1980).
- [10] Schust, M.: Biologische Wirkung von luftgeleitetem Ultraschall, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin, Berlin, LitDok 4 (1996) Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven.