

Luftgeleiteter Ultraschall am Arbeitsplatz

Dr. Andrea Wolff

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

Einleitung

Der industrielle Einsatz von Ultraschall-Technologie hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. So haben sich beispielsweise das Schweißen von Plastik per Ultraschall oder das Schneiden verschiedenster Lebensmittel mit ultraschallangeregten Messern als energieeffiziente und preiswerte Verarbeitungsmöglichkeiten etabliert. Als Nebeneffekt entsteht an den zugehörigen Arbeitsplätzen häufig luftgeleiteter Ultraschall, der auf die Mitarbeiter einwirkt. Typische Arbeitsfrequenzen sind hier 20-40 kHz.

Um im Zuge dieses Fertigungstrends dem Aspekt Lärm im 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 luftgeleitetem Ultraschall beschreibt.

Wir stellen die wesentlichen Inhalte der VDI 3766 vor und zeigen die Probleme und Lücken der Richtlinie aus Sicht des Arbeitsschutzes auf. Anschließend werden aktuelle Bestrebungen zur Verkleinerung bzw. Beseitigung dieser Defizite präsentiert.

Messung, Bewertung und Beurteilung von Lärm im Beisein von luftgeleitetem Ultraschall

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [1] beschäftigt sich per Definition mit allen potentiellen Gefahren durch Lärm und Vibration, die im Rahmen der Arbeit auf den Menschen einwirken können. Die zugehörigen Technischen Regeln (TRLV) [2] enthalten genaue Angaben zur Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung von Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz und legen auch den Gültigkeitsbereich der Verordnung fest. Die TRLV legen diesen Gültigkeitsbereich im Bereich der Schalleinwirkung auf Schall im Frequenzbereich 16 Hz bis 16 kHz fest, den sogenannten Hörschallbereich. Dabei wird die Einwirkung von Infraschall oder Ultraschall auf den Menschen in den TRLV explizit ausgeschlossen. Es existieren keine weiteren gesetzlich bindenden Regelwerke, die die Exposition gegenüber Infra- und Ultraschall am Arbeitsplatz explizit regulieren.

Wird bei der Ermittlung der Lärmexposition am Arbeitsplatz gemäß den TRLV eines der dort beschriebenen Messverfahren angewendet, so kann es bei gleichzeitiger Anwesenheit von luftgeleitetem Ultraschall zu einer Beeinflussung des Messergebnisses kommen. Dies kann letztendlich zu einer fehlerhaften Bewertung der Hörschallexposition führen. Der Grund hierfür liegt in den erlaubten Toleranzen der Schallpegelmessgerätenorm DIN EN 616721

[5], innerhalb derer ein Schallpegelmessgerät die A-Bewertung 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 nicht zwingend komplett abgeschnitten oder ausgeblendet, sondern können – je nach Mikrofon und Hardware – in unterschiedlich hohem Maße erfasst werden.

Um diesen und anderen Unwägbarkeiten zu begegnen, ist mit Erscheinen der VDI 3766 ein spezielles Verfahren zur Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung der Schallexposition im Beisein von Ultraschall am Arbeitsplatz publiziert worden [6]. Nach dieser Richtlinie soll im Beisein von Ultraschall eine Bewertung der Lärmexposition grundsätzlich nach Anwendung des AU-Frequenzbewertungsfilters [4] und nicht nach dem A-Bewertungsfilter 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 (Abb. 1).

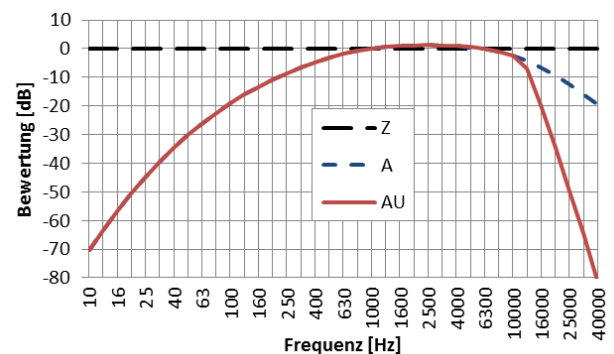


Abbildung 1: Die Frequenzbewertungskurven Z (schwarz, lang gestrichelt), A (blau, kurz gestrichelt) und AU (rot, durchgezogen)

Um eine Bewertung der Lärmexposition im Beisein von luftgeleitetem 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 auch 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 nicht überschreiten. Ebenso soll der Z-bewertete Spitzenschalldruckpegel L_{Zpeak} höchstens 140 dB betragen. Nach der Richtlinie VDI 2058-2 [7] 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 ausschließlich 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 bezüglich der Schädigung durch Schalleinwirkung 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 [11]. 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 [9] die bestehenden Richtwerte gemäß Tabelle 2 zu erweitern. Diese Erweiterung der Richtwerte findet sich im neuen Entwurf der VDI 2058-2 [8] und fügt sich gut in die verschiedenen nationalen Regelungen anderer Länder ein, vgl. [10].

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

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

Dosis-Wirkungs-Beziehung

Ein Hauptproblem beim Umgang mit einer Gefährdungsbeurteilung durch luftgeleiteten Ultraschall ist das Fehlen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung. Bei „klassischem“ Lärm am Arbeitsplatz kann die Norm DIN EN ISO 1999 [3] für die Ableitung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung herangezogen werden. Die Norm basiert auf audiometrischen Daten mehrerer tausend Personen mit wohldefinierter Hörschallexposition. Mit Hilfe dieser Daten kann ein Zusammenhang zwischen den individuellen Hörverlusten und der Lärmexposition am Arbeitsplatz hergestellt werden.

Eine solche Beziehung existiert für die Belastung mit luftgeleiteten Ultraschall nicht. Zudem gibt es längst nicht so viele Arbeitnehmer, die luftgeleiteten Ultraschall ohne nennenswerte Hörschallexposition ausgesetzt sind. Die Lärmeinwirkung ist typischerweise eine Kombination aus

Ultraschall und Schall im Hörfrequenzbereich. Ferner hat der Einsatz von Gehörschutz im Vergleich zu den Zeiten der Erhebung der in der DIN EN ISO 1999 zusammengefassten Daten deutlich zugenommen, so dass die am Arbeitsplatz erfassten Messdaten nicht mit der Ohrbelastung übereinstimmen müssen.

Die Unwissenheit bezüglich der Dosis-Wirkungs-Beziehung für Ultraschall spiegelt sich auch in einer Vielzahl von Grenz- und Richtwerten wider [10]. Viele der von Lawton genannten Werte wurden in den 70er und 80er Jahren des 20. Jahrhunderts aufgestellt und seitdem nicht mehr verändert.

Fazit

Der industrielle Einsatz von Ultraschalltechnologie ist nach wie vor steigend. Die Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung beschränken den Anwendungsbereich der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung ausschließlich auf Lärm im Hörfrequenzbereich (16 Hz bis 16 kHz). Die VDI 3766 nennt zwei Richtwerte zur Beurteilung der Lärmexposition am Arbeitsplatz im Beisein von luftgeleiteten Ultraschall. Der Lärmexpositionspegel $L_{EXAU,8h}$ soll 85 dB nicht überschreiten und der Z-bewertete Spitzenschalldruckpegel L_{Zpeak} soll kleiner als 140 dB sein. Zusätzlich legt die VDI 2058-2 einen Richtwert von $L_{Z,Terz,5min}=110$ 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 luftgeleiteter Ultraschall messtechnisch richtig erfasst und auf angemessene Weise in die Gefährdungsbeurteilung einbezogen wird. Dazu muss zunächst eine Messmethode entwickelt werden, mit der die Belastung durch luftgeleiteten Ultraschall am Arbeitsplatz erfasst werden kann. Parallel dazu muss untersucht werden welche Messgeräte hierfür geeignet sind. Anschließend kann auf Grundlage von solchen gesicherten Messergebnissen begonnen werden ein Datenpool zur Exposition am Arbeitsplatz aufzubauen und auszuwerten, der in Kombination mit medizinischen Untersuchungen zukünftig als Basis für die Ermittlung der Gefährdung durch luftgeleiteten Ultraschall dienen kann.

Ohne genauere Kenntnisse über die Expositionen kann im Sinne der Prävention 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] Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung, GMBL. 18-20 vom 23. März 2010 S. 359, Ausgabe Januar 2010
 - [3] DIN EN ISO 1999:2013-10 Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment, 2. Auflage.
 - [4] DIN EN 61012:1998-09 Filter für die Messung von hörbarem Schall im Beisein von Ultraschall
 - [5] DIN EN 61672-1:2014-07 Schallpegelmesser Teil 1: Anforderungen
 - [6] VDI 3766:2012-09 Ultraschall – Arbeitsplatz – Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung
 - [7] VDI 2058-2:1988-06 Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung
 - [8] VDI 2058-2:Entwurf 2017-02 Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung
 - [9] Maue, J.: Messung und Beurteilung von Ultraschallgeräuschen am Arbeitsplatz, TS 2 (2012) Nr. 7/8.
 - [10] Lawton, B.W.: Exposure Limits for Airborne Sound of Very High Frequency and Ultrasonic Frequency, ISVR Technical Report No 334 (2013).
 - [11] Veit, I.: Wirkung von Ultraschall auf das Gehör : Bestandsaufnahme; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Forschungsbericht Nr. 231 (1980).
 - [12] Schust, M.: Biologische Wirkung von luftgeleitetem Ultraschall, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin, Berlin, LitDok 4 (1996) Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven.