

Ultraschallpegelmessgerät für den praktischen Arbeitsschutz

Christoph Kling¹, Moritz Wächtler¹, Andrea Wolff²

¹ Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, E-Mail: christoph.kling@ptb.de

² Institut für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 53757 Sankt Augustin, E-Mail: andrea.wolff@dguv.de

Einleitung

Bei der Durchführung von Lärmmessungen ist neben dem Hörschall auch zunehmend luftgeleiteter Ultraschall zu berücksichtigen. Die Zahl der Beschwerden über hochfrequenten Lärm nimmt vor allem an Arbeitsplätzen der Industrie ständig zu. Herkömmliche Schallpegelmessgeräte sind für diesen Frequenzbereich und die Besonderheiten hochfrequenter Schallfelder nicht ausgelegt, insbesondere nicht für die Anwendung im Arbeitsschutz nach VDI 3766 [2]. Vor diesem Hintergrund wurde aus dem Programm der PTB zum Transfer metrologischer Technologie (TransMeT) ein Projekt zur „Entwicklung eines Ultraschallpegelmessgerätes zum praktischen Einsatz im Arbeitsschutz“ gefördert. Ein Prototyp für einen ultraschallfähigen Schallpegelmessgerät, der insbesondere an industriellen Arbeitsplätzen zum Einsatz kommen kann, wurde entwickelt und aufgebaut. Ziel war nicht die Entwicklung eines kommerziellen Systems, es sollten vielmehr die besonderen Anforderungen an ein solches Gerät herausgearbeitet werden. Für den Bau wurden ausschließlich kommerzielle Komponenten verwendet und mit einer eigenen Software ergänzt. Das Gesamtsystem wurde im Labor in Anlehnung an die Anforderungen an Schallpegelmessgerät nach DIN EN 61672 [1] und auch im praktischen Einsatz auf die Verwendbarkeit geprüft.

Grundlegende Anforderungen

Nach VDI 3766 [2] sollte der **Frequenzbereich** des Ultraschallpegelmessgerätes mindestens bis 40 kHz als Terzmittenfrequenz reichen. Da auch gerade nach dieser Richtlinie ein Spitzenschalldruck gemessen werden soll, sollten auch höherharmonische Anteile, die bei typischen Ultraschallanwendungen fast immer einen nicht zu vernachlässigenden Energieanteil beinhalten, erfasst werden.

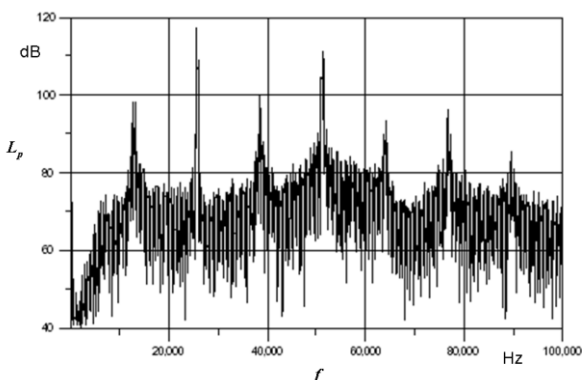


Abbildung 1: Beispiel eines typischen Luftschallspektrums einer Ultraschallreinigungsanlage mit einer Arbeitsfrequenz von ca. 26 kHz, höheren Harmonischen und für die Kavitation typischen Subharmonischen. (aus [2])

Abbildung 1 zeigt das Beispiel einer Ultraschallreinigungswanne mit deutlichen Spektralanteilen bis zu etwa 80 kHz. Ein zu geringer Frequenzbereich erhöht damit zwangsläufig die Messunsicherheit des Ultraschallpegelmessers.

Als **Messgrößen** sind insbesondere die genormten Größen zu implementieren. Dazu zählt der unbewertete Spitzenschalldruckpegel $L_{Z,peak}$, der unbewertete äquivalente Terzschalldruckpegel $L_{Z,eq}(Terz)$ und der AU-bewertete Expositionspegel $L_{EXAU,8h}$. Für letztere Größe muss explizit die U-Bewertung berücksichtigt werden (Abbildung 2). Weiterhin sind Schmalbandspektren und Spektrogramme für die Erfassung des nicht hörbaren Lärms sehr empfehlenswert.

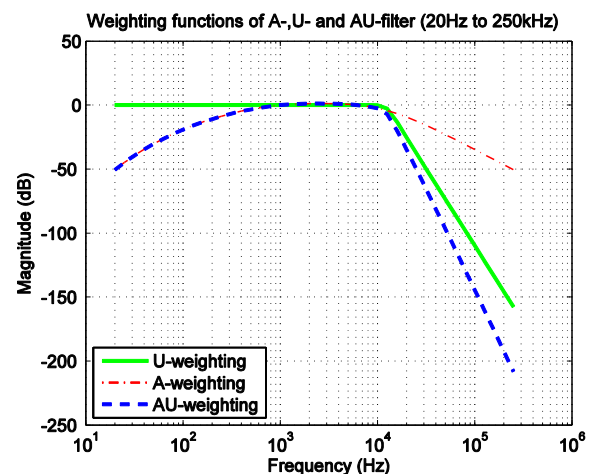


Abbildung 2: Frequenzverlauf der AU-Bewertung nach [2].

Als **Mikrofone** kommen aufgrund des Frequenzbereichs erweiterte $\frac{1}{2}$ “-Freifeldmikrofone, $\frac{1}{4}$ “-Freifeldmikrofone oder $\frac{1}{8}$ “-Mikrofone in Betracht. Erstere sind in der Regel bis auf 40 kHz ausgelegt, müssen aber zwangsläufig mit dem vorgesehenen Schutzgitter verwendet werden, da dieses den Frequenzgang maßgeblich formt. Wie in [3] diskutiert, hat die Verwendung von Mikrofonschutzgittern deutlichen Einfluss auf den Frequenzgang einer Mikrofonskapsel und kann Messungen im Ultraschallbereich stark verfälschen. Ähnlich negativ wirken sich normale Schutzgitter auf die Richtcharakteristik des Mikrofons aus. Beide Faktoren führen zu der dringenden Empfehlung, das Mikrophon auf einem Ultraschallpegelmessgerät ohne Schutzgitter zu verwenden.

Weitere Anforderungen leiten sich aus den typischen Anwendungen im Arbeitsschutz und aus den besonderen Eigenheiten des Luftultraschalls ab. Im Allgemeinen sollen die generellen Anforderungen der DIN EN 61672 [1] eingehalten werden. Da diese jedoch nur Frequenzen bis 20 kHz berücksichtigt, sind die genormten Anforderungen sinnvoll im Ultraschallbereich fortzuschreiben.

Realisierung eines Ultraschallpegelmessers

Es war nicht Ziel des Projektes, ein geschlossenes Design für einen kommerziellen Ultraschallpegelmessers zu entwerfen. Vielmehr wurden am Markt verfügbare Hardwarekomponenten auf ihre Eignung untersucht und kombiniert. Augenmerk wurde dabei insbesondere auf das Mikrofon und seine Versorgung und auf den AD-Wandler gelegt. Die Software zur Steuerung, Analyse und Anzeige wurde vollständig für ein PC-basiertes System neu entworfen und in Python implementiert. Abbildung 3 zeigt den ersten Prototypen des aus Hard- und Software zusammengesetzten Gesamtsystems.

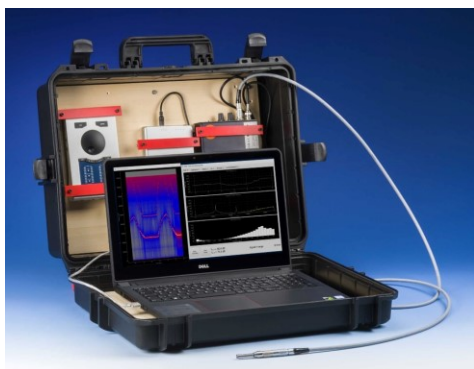


Abbildung 3: Foto des ersten Prototypen des Ultraschallpegelmessersystems, bestehend aus kommerziellen Hardwarekomponenten und einem PC mit eigener Erfassungs- und Analysesoftware.

Das Gesamtsystem wurde in Anlehnung an Teile der DIN EN 61672-2 [4] einer Prüfung unterzogen. Der Frequenzbereich der Norm musste dazu sinnvoll mit Toleranzwerten erweitert werden. Die grundlegenden Prüfungen wie akustische, elektrische und Klimaprüfung wurden bestanden. Dies zeigt, dass der aufgesetzte Ultraschallpegelmessers in Funktion und Handhabung durchaus einem kommerziellen Schallpegelmessers ebenbürtig ist. Trotzdem kann das als Prototyp entworfene Gerät nicht das Vertrauensniveau eines kommerziellen baumustergeprüften („eichfähigen“) Schallpegelmessers erreichen.

Weiterhin wurde im Rahmen des Projekts ein Verfahren und ein Aufbau zur **periodischen Prüfung** des Ultraschallpegelmessers aufgebaut. Dieser soll vom IFA künftig genutzt werden, um die zweijährige Funktionsprüfung des Gerätes in Anlehnung an [5] durchzuführen. Das Verfahren ist so entworfen, dass es sich im Prinzip auch auf eventuell künftig verfügbare kommerzielle Ultraschallpegelmessers anwenden lässt.

Das hier entwickelte System wurde nicht nur ausgiebig geprüft, sondern auch mehreren Praxistests unterzogen. Neben verschiedenen **Anwendungen** im Labor oder in kontrollierter Umgebung, wurde der Ultraschallpegelmessers auch unter realen Bedingungen zum Beispiel an Arbeitsplätzen in der laufenden Produktion der lebensmittelverarbeitenden Industrie erfolgreich eingesetzt.

Zusammenfassung & Ausblick

Mit Fördermitteln des PTB-Programms zum Transfer metrologischer Technologie (TransMeT) wurde ein Ultraschallpegelmessers für den praktischen Einsatz im Arbeitsschutz entworfen und mit kommerziell verfügbaren Hardwarekomponenten und einer neu entwickelten Software aufgebaut. Ein ausführlicher Beitrag in einer Fachzeitschrift mit weiteren Details zu den generellen Anforderungen an ein Ultraschallpegelmessersystem zur Lärmbewertung im Arbeitsschutz und zum aufgesetzten Ultraschallpegelmessers ist in Vorbereitung.

Es zeigte sich, dass die Lärmessung im Ultraschallbereich besondere Anforderungen an das Messgerät stellt. Diese spezifischen Anforderungen könnten künftig, zum Beispiel in DIN 45657 [6], festgehalten werden.

Ungelöst ist die Problematik des Mikrofonenschutzgitters. Zum einen ist aufgrund der Verfälschung der Messergebnisse dringend zu empfehlen, die Messung ohne Schutzgitter durchzuführen. Zum anderen birgt die Verwendung des Mikrofon ohne Schutzgitter das Risiko, das Mikrofon durch Schmutz oder Berührung zu zerstören.

Den besonderen Eigenheiten des Ultraschalls ist nicht nur durch angepasste Messtechnik Rechnung zu tragen. Auch die Verfahrensweise zur Lärmerfassung muss grundlegend überarbeitet werden. Der hier vorgestellte Ultraschallpegelmessers wurde in der Praxis erfolgreich mit einem Messverfahren eingesetzt, das im Rahmen des EMPIR-Projektes EARS II [7] entwickelt wurde.

Literatur

- [1] DIN EN 61672-1:2014-07 Elektroakustik - Schallpegelmessers - Teil 1: Anforderungen
- [2] VDI 3766:2012-09 Ultraschall - Arbeitsplatz - Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung
- [3] Marvin Rust, Christoph Kling: Untersuchungen zur Richtcharakteristik von Messmikrofonen. DAGA 2018 in München.
- [4] DIN EN 61672-2:2018-01 Elektroakustik - Schallpegelmessers - Teil 2: Baumusterprüfung
- [5] DIN EN 61672-3:2017-05 Elektroakustik - Schallpegelmessers - Teil 3: Periodische Einzelprüfung
- [6] DIN 45657:2014-07 Schallpegelmessers - Zusatzanforderungen für besondere Messaufgaben
- [7] <https://www.ears-project.eu>