

Maximal zulässige Expositionspegel im Außenbereich einer Anlage

Edmund Buchta, Karl-Wilhelm Hirsch

Institut für Lärmschutz, 40489 Düsseldorf, Deutschland, E-Mail: ebuchta@ifl-acoustics.de

Einleitung

Die Richtlinie 2003/10/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über „Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm)“ schreibt Auslösewerte (135 dB bzw. 137 dB) und einen Expositionsgrenzwert (140 dB) für den C-bewerteten Spitzenschalldruckpegel vor, um den maximal zulässigen Schalldruck, dem Arbeitnehmer ohne Gehörschutz ausgesetzt werden dürfen, zu beschränken.

Es wird hier nicht diskutiert, ob dieser Schutz allein auf den Spitzenschalldruck abgestellt werden kann oder ob nicht vielmehr auch die Einwirkzeit bzw. der Impuls, also z.B. das Zeitintegral des Schalldrucks für die Dauer der ersten Überdruckphase, bei Knallen ein sachgerechteres Maß für die Gefährdung darstellt. Die Bundesregierung plant in ihrem Regierungsentwurf eine Übernahme der Kriterien der 2003/10/EG in die LärmVibrationsArbSchV; es ist also pragmatisch festzustellen, dass allein der C-bewertete Spitzenschalldruck maßgeblich sein wird.

Es erscheint angemessen, dieses Bewertungssystem auch auf den Außenbereich von Anlagen anzuwenden, die betriebsbedingt - wenn auch nur kurzzeitig - sehr hohe Schalldrucke im Außenbereich verursachen, um auch hier Unbeteiligte vor hohen Schalldruckspitzen angemessen zu schützen. Zu solchen Anlagen gehören z. B. Steinbrüche (Gewinnungssprengungen) und Schießplätze (Sprengungen, Schießen mit großkalibrigen Waffen).

Die zuverlässige Prognose von Spitzenschalldrücken im Außenbereich einer Anlage - also unter Berücksichtigung der Schallausbreitung im Freien mit dem Einfluss des Wetters, des Bodens, der Geometrie des Quell- und Empfangsortes und ihrer lokalen Reflexionsgeometrie - ist zumindest bis heute nicht möglich. Das gilt auch, wenn man unterstellt, dass gefährdende Schalldrücke nur im Nahbereich der Anlage auftreten können, denn bei den betroffenen Anlagen ist dieser Nahbereich typisch 1 km weit. Es liegt deshalb nahe, bei bekannten Signalformen der Schalle die Prognoseverfahren für deren Expositionspegel zu nutzen, um daraus eine hinreichend zuverlässige Prognose für ihren Spitzenschalldruck abzuleiten. Zielgröße der Untersuchung ist also die Bestimmung der für den Schutzanspruch als maßgeblich anzusehendes Kriterium für die Differenz zwischen dem Spitzenschalldruck und dem Expositionspegel in einem Pegelbereich, in dem der Spitzenschalldruck im Bereich der Auslösewerte und des Expositionsgrenzwerts liegt.

Zum Spitzendruck von Knallen

Im Rahmen dieser Untersuchungen werden Spreng- und Mündungsknalle betrachtet, für die Prognosemodelle für den C-bewerteten Expositionspegel (CSEL) vorliegen. Diesen Knallen ist eine Signalform gemeinsam, die durch ein Weber-Spektrum (s. DIN ISO 17201-2) beschrieben werden kann. Das Weber-Terzspektrum steigt von tiefen Frequenzen mit 30 dB pro Frequenzdekade bis zu einem Maximum an, um dann mit 10 dB pro Frequenzdekade zu höheren Frequenzen abfallen. Die Lage des Maximums verschiebt sich mit größer werdender Quellenergie zu tieferen Frequenzen. In diesem Modell nimmt die Differenz zwischen dem C-bewerteten Expositionspegel und dem C-bewerteten Spitzenpegel (im Folgenden als ΔPE bezeichnet) zu kleineren Quellenergien zu.

Die Signalform am Empfangsort und damit insbesondere der Spitzenpegel ist durch die Schallausbreitungs- und Empfangsbedingungen stark geprägt. Deshalb ist diese Modellaussage für die Bestimmung des ΔPE kaum hilfreich. Diese Einschätzung der Unsicherheit wird auch nicht durch die Anwendung der C-Bewertung im Vergleich zu einem unbewerteten Spitzenschalldruck gemildert.

Vielmehr kann bei diesen Knallsignalen gerade durch die Frequenzfilterung und die dadurch eingebrachten frequenzabhängigen Signallaufzeiten der bewertete Spitzendruck höher sein als der unbewertete. Dies wird zwanglos durch maßgeschneiderte Signale erreicht werden, ist aber auch für Knallsignale gemessen worden /1/. Es ist deshalb erforderlich, ΔPE durch Messung zu bestimmen, um daraus ein repräsentatives Maß für die Differenz abzuleiten.

Messung der Pegeldifferenz

Der Höchstwert des Spitzenschalldrucks ist an den Orten maßgeblich, wo sich das menschliche Ohr befindet bzw. befinden kann. Nach der 2003/10/EG werden die Messorte auch dort gewählt. Während diese Orte an Arbeitsplätzen noch bestimmt werden können und durch vorgegebene Arbeitsabläufe beschränkt sind, muss außerhalb der Anlage, also typisch im Freien, jeder mögliche Ort betrachtet werden, an dem sich Menschen aufhalten können.

Aus der obigen Diskussion über den Einfluss der Signalform folgt, dass bei der Bestimmung dieser Differenz nicht auf gesteuerte Messungen zurückgegriffen werden kann, weil kein Vorwissen darüber vorliegt, welche Signalformen sich in Abhängigkeit von den atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen und der Bodenbeschaffenheit von der Quelle bis zum Empfangsort und Geometrie welche Spitzenwerte liefern. Es kann also keine besondere Quelle, keine Quell- und Empfängerhöhe, Bodenbeschaffenheit und Wetter aus Vorwissen angegeben werden, bei dem die höchsten C-bewerteten Spitzendrücke auftreten werden. Deshalb sind ungesteuerte Messungen über einen längeren Zeitraum an mehreren Empfangsorten durchzuführen, die in so enger Nachbarschaft zu einer repräsentativen Vielzahl von Quellen erfolgen müssen, dass Spitzenwerte bis zu 140 dB erwartet werden können.

Für einen Schießplatz muss der Messzeitraum so gewählt werden, dass er den typischen Waffennmix und die typischen Quellorte und einer Anzahl von unterschiedlichen Wetterbedingungen, Bodenbeschaffenheiten und Ausbreitungsgeometrien abdeckt. Die Empfangsorte sollten typisch in Ohrhöhe liegen. Eine Untersuchung über den Einfluss der Empfängerhöhe ist ebenfalls erforderlich.

Als Ergebnis ist eine Verteilung der Differenz ΔPE zu erwarten, die insgesamt vom Expositionspegel abhängen wird. Im Sinne der Richtlinie ist der Höchstwert des Spitzenschalldruckes aus dieser Verteilung zu bestimmen, damit also auch der Höchstwert des ΔPE . Als Maß für diesen Höchstwert wird hier das 5%-Perzentil dieser Verteilung im Bereich der Auslösewerte betrachtet.

Durchführung der Messung

In dem Messzeitraum (August bis Dezember) wurde an 5 Messorten in der Nachbarschaft von Schießanlagen eines Truppenübungsplatzes das Zeitsignal des Schalldrucks in einer Messhöhe von 2 m und in Bodennähe (ca. 5 cm über Boden) während des normalen Übungsbetriebs digital aufgezeichnet. Die Messpositionen wurde nach Kriterien ausgewählt (Stromanschluss, Zugänglichkeit), die keinen Bezug zum eigentlichen Messziel haben und das Ergebnis deshalb nicht systematisch beeinflussen sollten. Im Messzeitraum wurde mit Rohrwaffen mit Kalibern von 7.62 mm bis 155 mm geschossen. Dabei wechseln die Feuerpositionen, so dass sich auch die Ausbreitungsgeometrie eher zufällig ausbildet. Von August bis Dezember bildet sich naturgemäß eine große Vielfalt von Wetter- und Bodenbedingungen aus, die ausreichend für eine statistische Analyse sein sollte. An einem ausgewählten Messpunkt wurden für 4 weitere Wochen zusätzlich die Signale in ‚Bodennähe‘ und in 2 m, 4 m, 6 m, 8 m und 10 m Höhe aufgezeichnet, um die Abhängigkeit des ΔPE von der Empfängerhöhe abzuschätzen.

Auswertung der Messung

Aus den aufgezeichneten Signalen wurden ca. 5.500 einzelne Knallereignisse isoliert. Davon stammten ca. 200 Schuss von Handwaffen eines einzelnen Schießtages, die in unmittelbarer Nähe eines Messpunktes abgegeben wurden. Bei diesen Schüssen ist das ΔPE isoliert hoch. Da dieser Fall aber im Hinblick auf die Aufgabenstellung der Beurteilung der Differenz im Außenbereich der Anlage untypisch ist, werden diese Signale von der weiteren Analyse ausgenommen. Alle übrigen Signale werden ohne Rücksicht auf Quelle, Abstand, Wetterbedingungen usw. gleichwertig in die statistische Analyse eingebracht. Da aus dem jeweils selben Zeitsignal der C-bewertete Spitzenpegel und der C-bewertete Expositionspegel bestimmt wird, ist die Unsicherheit der Differenzbestimmung zu vernachlässigen. Der Absolutwert des Expositionspegels geht nur so schwach in die weitere Analyse, dass auch seine Messfehler für die Betrachtungen hier unerheblich sind.

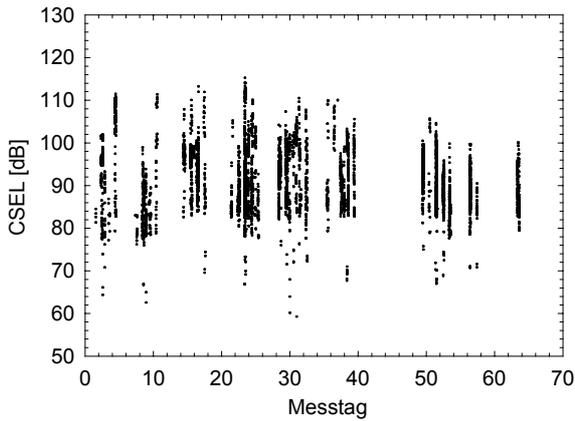


Abb. 1: Überblick über die gemessenen Expositionspegel

Abb. 1 gibt einen Überblick über die gemessenen Expositionspegel. Die Spannweite der Pegel reicht von 60 dB bis 115 dB. Die größte Anzahl der Werte hat einen Pegel zwischen 80 dB und 105 dB. In Abb. 2 ist die kumulierte Häufigkeit der ΔPE über ΔPE dargestellt.

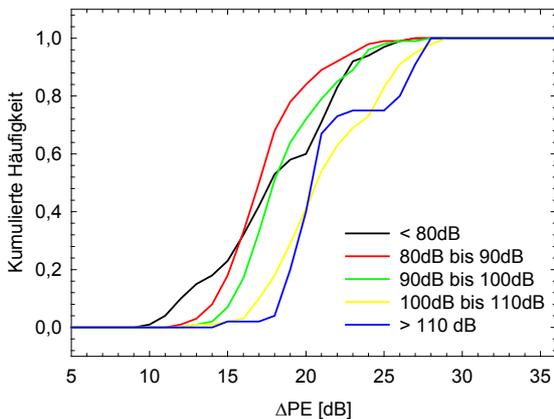


Abb. 2: Kumulierte Häufigkeit der ΔPE über ΔPE

Dabei wurde das Ensemble in 10 dB breite Klassen des Expositionspegels aufgeteilt. In den Klassen, in die viele Messwerte fallen, sind die Summenkurven relativ glatt. In den beiden Randklassen < 80 dB und > 110 dB überwiegt noch der Einfluss einzelner Messstage, an denen diese Pegel überhaupt erreicht wurden. Diese einzelnen Situationen prägen noch die Verteilung. Es kann nur eine Tendenz für eine Abschätzung des 5%-Perzentils des ΔPE abgelesen werden. Die Differenz steigt - wie erwartet - mit dem Expositionspegel. Eine bessere Abschätzung des 5%-Perzentils für den ΔPE gelingt, wenn man engere Klassen des Expositionspegels wählt, das 5%-Perzentil rechnerisch bestimmt und das Ergebnis über den Expositionspegel aufrägt. Für eine Klassierung des Expositionspegels mit einer Klassenbreite von 4 dB zeigt Abb. 3 diese Abhängig-

keit. Ab einem Expositionspegel von 85 dB steigt die Differenz ΔPE von 22 dB bis zu 28 dB bei ca. 110 dB.

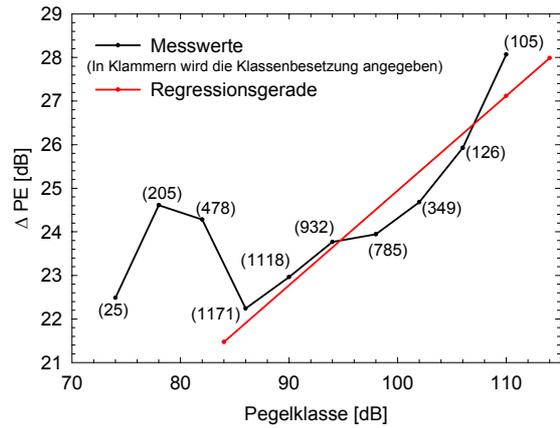


Abb. 3: 5%-Perzentil über Expositionspegel

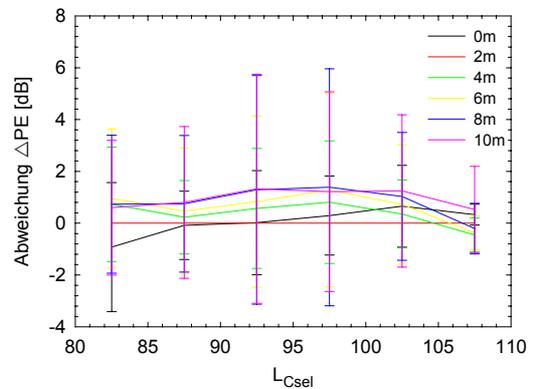


Abb. 4: Abhängigkeit ΔPE von der Empfängerhöhe

Abb. 4 dokumentiert die Abhängigkeit der Differenz ΔPE von der Empfängerhöhe. Dargestellt ist die Differenz des ΔPE in den verschiedenen Höhen zur Bezugshöhe 2 m. Tendenziell ist die Differenz bei anderen Höhen im Mittel bis zu 1 dB höher. Die ebenfalls in Abb. 4 eingetragenen Vertrauensbereiche weisen aber daraufhin, dass in Einzelfällen die Pegel in den einzelnen Messhöhen deutlich voneinander abweichen können. Dieses Ergebnis zeigt, dass sich die Signalformen für dasselbe Einzelgeräusch in den verschiedenen Höhen signifikant unterscheiden können.

Verwendung der Differenz für die Prognose des Höchstwertes des Spitzenpegels

Aus Abb. 2 ist zu entnehmen, dass im Mittel mit deutlich kleineren Differenzen ΔPE bei den untersuchten Knallen zu rechnen ist. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde darauf verzichtet, die Emissionssituationen, die gerade zu den höchsten Differenzen geführt haben, im Hinblick auf Wind, Wetter und Quelle zu analysieren. Die Differenz ist also bei Prognoserechnungen für den C-bewerteten Expositionspegel unabhängig von Quelle, Abstand und Ausbreitungsbedingungen einzusetzen.

Die Lärmmanagement-Software WinLarm, die auf Schießplätzen der Bundeswehr zur Berechnung der Lärmbelastung eingesetzt wird, prognostiziert nominell das 10%-Perzentil des C-bewerteten Expositionspegels des Einzelgeräusches. Um aus diesem Modell Prognosen für den Höchstwert des Spitzenpegels abzuleiten, wurde deshalb insgesamt ein ΔPE von 30 dB festgesetzt.

Literatur

[1] Pater, L.: "An Investigation of Small-Arms Range Noise Mitigation: The Firing Shed and the Interlane Barrier", USACERL Technical Report EAC-92/01, 1992